

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE PROTECCIÓN DE UNIDAD TIPO BANDERA FRENTE UAV's (*Unmanned Aerial Vehicles*) EN ZONA DE OPERACIONES

Autor

Antonio J. Blanco Carballo

Director/es

Director académico: Dr. D. Alberto García Martín

Director militar: Cap. D. Fernando Fortún Ripollés

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2019

Índice

I.	Resumen	iii
II.	Abstract	v
III.	Agradecimientos.....	vii
IV.	Lista de Figuras	ix
V.	Lista de Tablas	ix
VI.	Lista de Abreviaturas	x
1.	Introducción	1
1.1.	Aclaración de la Terminología.....	2
1.2.	Situación Actual	2
2.	Objetivos	3
2.1.	Alcance del Proyecto.....	4
3.	Materiales y métodos.	4
4.	Desarrollo del Trabajo y Resultados	7
4.1.	Tipos de ataque mediante UAV's que se han recibido en zonas de operaciones en las que ha participado unidades de tipo Bandera.....	7
4.1.1.	Caracterización de los tipos de ataque UAV.....	7
4.2.	Métodos de protección que actualmente disponen las unidades de tipo Bandera para repeler ataques recibidos mediante el uso de UAV's.	11
4.2.1.	Concepto de “métodos de protección” desde un punto de vista teórico.....	11
4.2.2.	Sistemas de Protección.....	16
4.3.	Análisis de las ventajas y limitaciones de los métodos de protección actuales en función de las experiencias propias de unidades tipo Bandera en zona de operaciones.....	25
4.4.	Identificación de medidas para resolver las vulnerabilidades de protección detectadas de unidades de tipo Bandera ante ataques UAV,s.....	26
5.	Conclusiones	27

5.1. Conclusiones del Trabajo	27
5.2. Líneas de Trabajo Futuras	29
6. Bibliografía.....	30
Anexo A. Aclaración de terminología.	33
Anexo B. Componentes de un UAS.....	34
Anexo C. Organigrama del Batallón de Infantería Ligera	37
Anexo D. Características del grupo focal	39
Anexo E. Modelo de la encuesta-entrevista.....	41
Anexo F. Respuestas de la encuesta-entrevista.....	51
Anexo G. Características generales de los UAS LSS	59
Anexo H. Clasificación OTAN de los UAV,s	60
Anexo I. Tipos de UAV comerciales. Ventajas y desventajas.....	61
Anexo J. Análisis de riesgos	63
Anexo K. Escenarios, entornos y tipos de protección.....	64
Anexo L. Efectos de la inhibición en UAV,s comerciales.....	65
Anexo M. Características del sistema AEROSCOPE.....	66
Anexo N. Características del sistema Drone-Defender.....	69
Anexo O. Características del subconjunto de observación de la torre del vehículo RG-31	73
Anexo P. Características de la cámara CORAL.....	77
Anexo Q. Características del sistema BlackHornet	78
Anexo R. Características del sistema Raven RQ-11 B	80
Anexo S. Propuesta de TTP,s	82

I. Resumen

Una de las características más remarcables del mundo en el que actualmente vivimos es la incipiente innovación tecnológica. La táctica y la estrategia en materia de Defensa y Seguridad deben adaptarse de forma constante y rápida a esta realidad. Uno de los elementos de innovación tecnológica que pone en riesgo a nuestras tropas desplazadas fuera del territorio nacional para la realización de misiones internacionales es la utilización por parte del enemigo de *Unmanned Aerial Vehicles* (Vehículos Aéreos No Tripulados, UAV,s), para atacarlas directamente o impedir que alcancen sus objetivos. La fácil adquisición y adaptación de estos dispositivos por parte de nuestros adversarios señalan que se trata de una amenaza real en la actualidad y que puede crecer en el futuro.

En este contexto, el presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo principal realizar un análisis de los métodos de protección de los que dispone una unidad tipo Bandera frente a ataques de UAV's en zona de operaciones (ZO) para conocer cuáles son sus capacidades reales actuales y sus limitaciones, así como identificar medidas a trabajar en el futuro que soslayan estas últimas. Para esto es necesaria la consecución de una serie de objetivos parciales: (i) conocer los tipos de ataque mediante UAV's que se reciben en zonas de operaciones; (ii) conocer los métodos de protección que actualmente se disponen; (iii) analizar las ventajas y limitaciones de los métodos de protección actuales; (iv) identificar medidas a trabajar en el futuro para resolver las vulnerabilidades de protección detectadas.

Para ello se ha diseñado una metodología que se articula en cuatro fases, las cuales están íntimamente ligadas con los objetivos parciales planteados: (i) conocimiento de los tipos de ataque mediante UAV's que se han recibido en zonas de operaciones en las que ha participado unidades de tipo Bandera; (ii) conocimiento de los métodos de protección que actualmente disponen las unidades de tipo Bandera para repeler ataques recibidos mediante el uso de UAV's; (iii) análisis de las ventajas y limitaciones de los métodos de protección actuales en función de las experiencias propias de unidades de tipo Bandera en zona de operaciones; (iv) identificación de medidas para resolver las vulnerabilidades de protección detectadas de unidades de tipo Bandera ante ataques UAV,s. Para obtener la información para la elaboración de cada una de estas fases se ha contado; además de con la bibliografía necesaria, con la opinión de doce expertos en el tema, destinados en la X Bandera "Millán Astray" de La Legión. La información ha sido tratada mediante el empleo de herramientas como *Radar Chart* y matrices de probabilidad e impacto.

Los resultados del trabajo reflejan que las posibilidades que ofrecen los UAV,s al enemigo son muy amplias, traducándose esto en una serie de riesgos que la Bandera puede llegar a sufrir

en ZO, algunos de ellos muy críticos. Para contrarrestar estos riesgos, la Bandera dispone de una serie de sistemas de protección, cuyo uso se ha de sustentar en unos procedimientos concretos, basados a su vez en la doctrina que el Ejército de Tierra prevé para estas unidades. Al confrontar las capacidades del enemigo con nuestros métodos de protección, se hace palpable que estos presentan varias limitaciones: además de que la doctrina está desactualizada, no existen procedimientos concretos de actuación ante el avistamiento de un UAV enemigo. Tampoco contamos con los sistemas diseñados para repeler estas aeronaves necesarios, especialmente cuando se trata de detectarlos. Todo ello se traduce en que no tenemos medidas concretas para solucionar muchos de los riesgos planteados inicialmente. No obstante, existen no obstante vías para mejorar los problemas hallados; vías que pasan por adaptar a la Bandera los trabajos y estudios llevados por otros organismos militares, nacionales e internacionales.

En conclusión, los métodos de protección contra medios UAV,s en ZO no están correctamente planteados. Existen varias limitaciones, presentes además en distintos niveles (a nivel teórico y a nivel práctico). La resolución de todos los errores encontrados es vital para el correcto desarrollo de las misiones que las unidades tipo Bandera realizan en el exterior. Las posibles vías a seguir para mejorar son, no obstante, materia de estudio para el futuro, en tanto a que es necesario realizar un profundo análisis de implementación de cada una de ellas.

II. Abstract

One of the most remarkable characteristics of the world in which we currently live is the incipient technological innovation. Defence and Security tactics and strategy must constantly and quickly adapt to this reality. One of the elements of technological innovation that puts at risk our troops displaced outside the national territory to carry out international missions is the use by the enemy of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), to attack them directly or prevent them from reaching their objectives. The easy acquisition and adaptation of these devices by our adversaries indicate that this is a real threat today and may grow in the future.

In this context, the main objective of the present End of Degree Project is to carry out an analysis of the protection methods available to a Flag type unit against UAV attacks in the area of operations (ZO) in order to find out what its real current capabilities and limitations are, as well as to identify measures to be worked on in the future that may be circumvented by the latter. In order to achieve this, it is necessary to achieve a series of partial objectives: (i) know the types of UAV attacks that are received in areas of operations; (ii) know the protection methods currently available; (iii) analyse the advantages and limitations of current protection methods; (iv) identify measures to work in the future to resolve detected protection vulnerabilities.

To this end, a methodology has been designed that is articulated in four phases, which are intimately linked to the partial objectives proposed: (i) knowledge of the types of UAV attacks that have been received in areas of operations in which Flag type units have participated; (ii) knowledge of the protection methods currently available to Flag type units to repel attacks received through the use of UAVs; (iii) analysis of the advantages and limitations of current protection methods based on the experiences of Flag type units in the area of operations; (iv) identification of measures to resolve the protection vulnerabilities detected in Flag type units against UAV attacks. In order to obtain the information for the elaboration of each one of these phases, the necessary bibliography has been available, as well as the opinion of twelve experts in the subject, destined to the X Flag "Millán Astray" of La Legión. The information has been treated using tools such as Radar Chart and probability and impact matrices.

The results of the work reflect that the possibilities offered by the UAVs to the enemy are very wide, translating this into a series of risks that the Flag may suffer in ZO, some of them very critical. To counteract these risks, the Flag has a series of protection systems, the use of which must be based on specific procedures, based in turn on the doctrine that the Army foresees for these units. When we compare the enemy's capabilities with our protection methods, it becomes evident that these have several limitations: in addition to the fact that the doctrine is outdated, there are no specific procedures for acting on the sighting of an enemy UAV. Nor do we have the

systems designed to repel these aircraft, especially when it comes to detecting them. All this means that we do not have specific measures to solve many of the risks initially posed. Nevertheless, there are ways to improve the problems found; ways that include adapting the work and studies carried out by other national and international military bodies to the Flag.

In conclusion, the methods of protection against UAV media in ZO are not correctly posed. There are several limitations, which are also present at different levels (theoretical level and practical level). The resolution of all the errors found is vital for the correct development of the missions that the Flag type units carry out abroad. The possible ways to improve are, however, a matter of study for the future, inasmuch as it is necessary to make a deep analysis of the implementation of each one of them.

III. Agradecimientos

La elaboración del presente trabajo no habría sido posible sin la colaboración de mi director académico y mi director militar. Muchas gracias a ambos, por la ayuda y los consejos. Agradecer también a todo el personal que me ha facilitado el acceso a la información necesaria para desarrollarlo.

Pero sobre todo, gracias a los componentes de la 3ª Compañía de la X Bandera “Millán Astray” de La Legión. Gracias por las enseñanzas, por la dedicación, por el afecto. Ha sido un sueño cumplido, un honor y un privilegio haber podido formar a vuestro lado. ¡Hombro con hombro!

-Página intencionadamente dejada en blanco-

IV. Lista de Figuras

Figura 1. Estimación de mercado de UAV,s.....	1
Figura 2. Ciclo de la Amenaza UAS LSS.....	10
Figura 3. Áreas de Capacidad afectadas por la defensa Contra-UAS LSS.	13
Figura 4. Ciclo sistemas C-UAS.....	14
Figura 5. Sistema AEROSCOPE.....	16
Figura 6. Valoración del sistema Aeroscope por los expertos.....	17
Figura 7.Figura 13. Cuerpo Rifle del Sistema Drone-Defender.....	17
Figura 8. Valoración del sistema Drone-Defender por los expertos.....	19
Figura 9. Subconjunto de Observación del sistema de armas "MINISAMSON".	19
Figura 10. Valoración del subconjunto de observación del sistema de armas "MINISAMSON" por los expertos.....	21
Figura 11. Cámara "CORAL".....	21
Figura 12. Valoración Expertos Cámara "Coral".....	22
Figura 13. UAV BlackHornet.....	22
Figura 14. Valoración del sistema BlackHornet por los expertos.....	23
Figura 15. Lanzamiento UAV Raven B.....	24
Figura 16. Valoración del UAV Raven por los expertos.....	24

V. Lista de Tablas

Tabla 1. Matriz de probabilidad e impacto inicial.....	11
Tabla 2. Lista de riesgos inicial.....	11
Tabla 3. Matriz de impacto y probabilidad final.....	26
Tabla 4. Lista de riesgo final.....	26

VI. Lista de Abreviaturas

- **AAA:** Artillería Antiaérea
- **CUMA,s:** Cuadros de Mando
- **C2:** *Command and Control*, Mando y Control
- **DA:** Defensa Aérea
- **DAA:** Defensa Antiaérea
- **DGAM:** Dirección General de Armamento y Material
- **ET:** Ejército de Tierra
- **GCS:** *Ground Control Station*, Estación de Control de Tierra
- **INTEL:** Inteligencia
- **LSS:** Low, Slow, Small
- **OTAN:** Organización del Tratado del Atlántico Norte
- **PF:** Protección de la Fuerza
- **RPA:** *Remotely Piloted Aircraft*, Aeronave pilotada remotamente
- **RPAS:** *Remotely Piloted Aircraft Systems*, Sistemas de Aeronave Pilotada Remotamente
- **TFG:** Trabajo de Fin de Grado
- **TTP,s:** Tácticas, Técnicas y Procedimientos
- **UAS:** *Unmanned Aircraft Systems*, Sistemas Aéreos No Tripulados
- **UAV,s:** Unmanned Aerial Vehicles, Vehículos Aéreos No Tripulados
- **UDAA:** Unidad de Defensa Antiaérea
- **ZO:** Zona De Operaciones

1. Introducción

La táctica y la estrategia en materia de Defensa y Seguridad no son, ni podrán ser nunca, una materia estática: han de adaptarse siempre a los nuevos tiempos y a las diferentes innovaciones tecnológicas que van surgiendo. [1] Esta adaptación viene marcada por el contexto histórico en el que vivimos: “En un mundo que parece alejar la posibilidad de grandes guerras como las vividas por la humanidad en el siglo pasado [...] las Estrategias de Defensa imperantes en la mayor parte del siglo XX han dado paso a las Estrategias de Seguridad” [1, p. 61]

La Estrategia Militar es por tanto un factor a tener en cuenta dentro del concepto de Seguridad Nacional, [1] y por ello se han de dirigir esfuerzos para afrontar “un periodo marcado por la incertidumbre estratégica, la innovación tecnológica, restricciones políticas al empleo de la fuerza y menguantes recursos humanos, materiales y económicos para la defensa nacional.” [2, pp. 47-48]

En este contexto, uno de los elementos de innovación tecnológica que pone en riesgo a nuestras tropas es la utilización por parte del enemigo de *Unmanned Aerial Vehicles*, Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV,s) para atacarlas directamente o impedir que alcancen sus objetivos. La utilización de estos aparatos en cuestiones de Defensa y Seguridad tiene una tendencia creciente desde hace tiempo, estando previsto un aumento en los próximos años (Figura 1). [3]

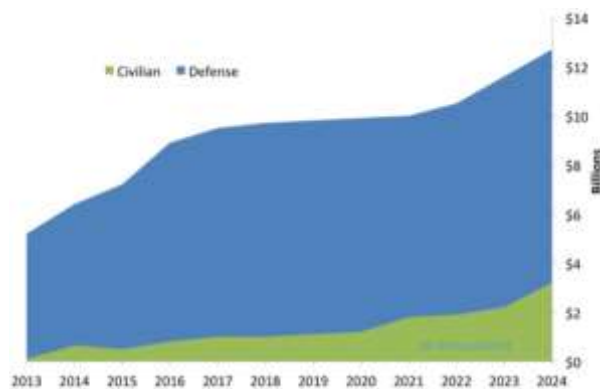


Figura 1. Estimación de mercado de UAV,s. Fuente: [3]

Nuestros contingentes desplazados al extranjero ya han sido objeto de ataques por parte de la insurgencia.

En este contexto, se hace necesario analizar los métodos de protección de los que dispone una unidad tipo Bandera frente a ataques de UAV's (*Unmanned Aerial Vehicles*) en zona de operaciones (ZO) para conocer cuáles son sus capacidades reales actuales y sus limitaciones y,

de este modo, que se puedan desarrollar a futuro nuevos métodos que soslayen estas últimas tanto desde el punto de vista doctrinal como material.

1.1. Aclaración de la Terminología.

Una “Bandera” es en esencia un Batallón de Infantería Ligera (BIL). Estas unidades tradicionalmente reciben esta denominación cuando hablamos de La Legión. El hecho de que en el título del trabajo de fin de grado (TFG) se utilice este término responde a este hecho, en tanto que se ha realizado en el contexto de las Prácticas Externas del autor en la X Bandera “Millán Astray” de La Legión.

Un UAV es en esencia un vehículo aéreo no tripulado. Existen muchos términos similares que hacen referencia a este concepto pero con implicaciones ligeramente diferentes [4]. A efectos de este trabajo, se utilizará el término UAV independientemente de si trata de una aeronave definida como tal, de un RPA (*Remotely Piloted Aircraft*, Aeronave pilotada remotamente) o de un dron. En el Anexo A. “Aclaración de terminología” aparecen definidas todas estas palabras de un forma más detallada.

Sin embargo, es necesario reseñar que este TFG no solo analizará el UAV como aeronave, sino que también se centrará en lo que se conoce como Sistemas Aéreos No Tripulados, (del inglés *Unmanned Aircraft Systems*, UAS). Este concepto, que también aparece recogido en el Anexo A hace referencia a todos aquellos elementos que permiten el vuelo de la aeronave, (operador, sistema de control de tierra, etc.).

Las diferentes partes que componen un UAS aparecen detalladas en el Anexo B. “Componentes de un UAS”.

1.2.Situación Actual

El marco de referencia que sienta las bases doctrinales de lo que es y debe de ser un BIL fue publicado en 2009 [5]. Éste define que un BIL “es la unidad táctica fundamental de combate que caracteriza a la brigada de infantería ligera [...], en cuyo marco tienen lugar, normalmente, todas sus acciones.” [5, cap.1, p.1] Aunque generalmente combate a pie, puede emplear para sus desplazamientos todo tipo de vehículos, pudiendo incluso llegar a ser helitransportado.

La orgánica de un BIL es fija y se estructura en: (i) Mando; (ii) Plana Mayor de Mando; (iii) Compañía de Mando y Apoyo; (iv) Compañía de Fusiles (x3); (iv) Compañía de Servicios. En el Anexo C. “Orgánica del Batallón de Infantería Ligera” se encuentra adjunto su organigrama.

A pesar de contar con esta estructura fija, “En operaciones, para hacer frente a las necesidades operativas, será normal que sea reforzado o a veces disminuido constituyendo un agrupamiento táctico denominado grupo táctico (GT).” [5, cap.1, p. 1]

Como consecuencia de esto, la orgánica habitual de un BIL se reorganiza en función del escenario concreto en el que despliega. Esto permite en la práctica una mayor y mejor adaptación al entorno. El problema está en que la publicación está desactualizada en lo que a medios UAV,s se refiere. Y cuando hablamos de métodos de protección contra estos medios, todavía más. Estas afirmaciones se sustentan en el estudio de dicha publicación, recogido con posterioridad (véase el apartado 4.2.1.).

Esta realidad no ha impedido que estas unidades se estén instruyendo y adiestrando en ello. En la fase de preparación que se realiza con anterioridad al despliegue en una misión internacional, por ejemplo, se incluyen aspectos relacionados con la defensa contra-UAV (cursos, charlas teóricas, realización de maniobras, etc.).

No obstante, esta preparación es específica y se centra en una misión en concreto. En nuestro caso, de todas las misiones en el exterior en los que el Ejército de Tierra (ET) participa, solamente en la Operación “EUTM-MALI” se dan los siguientes supuestos: (i) Despliega una Unidad tipo “Bandera” como GT; (ii) Se despliegan medios Contra-UAV. [6]

La X Bandera “Millán Astray” de La Legión desplegará en Mali en noviembre en el contingente EUTM-MALI XV. Los medios Contra-UAV que allí se emplearán son [6]: (i) Drone-Defender; (ii) Mochila Aeroscope. Por otro lado, también se despliegan varios medios que, si bien no han sido diseñados para tal fin, pueden ser empleados en alguna de las fases del proceso de derribo de una aeronave. Estos son: (i) Subconjunto de observación de la torre del vehículo RG-31; (ii) Cámara Coral; (iii) Sistema “BlackHornet; (iv) Mini UAV “RAVEN RQ-11 B”.

La explicación de cada uno de estos medios aparece recogida en el apartado 4.2.2.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de los métodos de protección de los que dispone una unidad tipo Bandera frente a ataques de UAV's en zona de operaciones (ZO) para conocer cuáles son sus capacidades reales actuales y sus limitaciones, así como identificar medidas a trabajar en el futuro que soslayan estas últimas. Para el cumplimiento de este objetivo es necesaria la consecución de una serie de objetivos parciales que se exponen a continuación:

- Conocer los tipos de ataque mediante UAV's que se reciben en zonas de operaciones.
- Conocer los métodos de protección que actualmente disponen las unidades de tipo Bandera para repeler ataques recibidos mediante el uso de UAV's.
- Analizar las ventajas y limitaciones de los métodos de protección actuales en función de las experiencias propias de unidades de tipo Bandera en zona de operaciones.
- Identificar medidas a trabajar en el futuro para resolver las vulnerabilidades de protección detectadas de unidades de tipo Bandera ante ataques de UAV's.

2.1. Alcance del Proyecto

El presente TFG tiene su ámbito de aplicación en las unidades de tipo Bandera que despliegan en ZO, entendiéndose esto como cualquiera de los escenarios en los que actualmente se pueden ver involucradas dichas unidades.

Si bien el único escenario plausible que cumple en la actualidad esta condición es Mali, tal como se ha explicado en el apartado 1.2. “Situación Actual”, las conclusiones aquí extraídas son extrapolables, dado que nada garantiza que en el futuro próximo ésta siga siendo la única situación. Así, se considera que este estudio puede servir para cualquier unidad que se encuentre desplegada y haga uso de los mismos medios.

3. Materiales y métodos.

La metodología planteada para la consecución del objetivo principal se articula en cuatro fases, las cuales están íntimamente ligadas con los objetivos parciales planteados.

- **Fase 1. Conocimiento de los tipos de ataque mediante UAV's que se han recibido en zonas de operaciones en las que ha participado unidades de tipo Bandera.** En esta fase se analizan los UAV,s como sistemas usados por el enemigo. Así, primeramente se contextualiza la amenaza que suponen y después se estudia la forma de empleo típica de estos en zona de operaciones. El resultado de esta fase será una lista de riesgos obtenida mediante una matriz de probabilidad e impacto en la que se identificarán la probabilidad y el impacto que pueden tener en una Bandera (GT cuando hablamos de ZO) los ataques descritos.
- **Fase 2. Conocimiento de los métodos de protección que actualmente disponen las unidades de tipo Bandera para repeler ataques recibidos mediante el uso de UAV's.** Esta fase permitirá conocer los métodos de protección de la Bandera frente a estos ataques tanto a nivel teórico o doctrinal, cómo a nivel práctico. Para este último nivel, se evaluarán los sistemas de protección en base al criterio de los expertos, empleando para ello la herramienta *Radar Chart*. Esto permitirá visualizar de una forma más sencilla las principales carencias que pueda tener cada uno de los sistemas defensivos. El resultado obtenido en estos dos niveles servirá para poder re-evaluar los riesgos identificados en la fase anterior.
- **Fase 3. Análisis de las ventajas y limitaciones de los métodos de protección actuales en función de las experiencias propias de unidades de tipo Bandera en zona de operaciones.** En este apartado se re-clasifican los riesgos identificados en la Fase 1 en función de los métodos de protección caracterizados en la Fase 2. El resultado

es una nueva lista de riesgos que se obtiene de la re-evaluación de la matriz de probabilidad e impacto obtenida en la Fase 1. Así, esta lista identificará los riesgos reales de la Bandera, dado que se trata de la confrontación de las posibilidades del enemigo con nuestros métodos de protección.

- **Fase 4. Identificación de medidas para resolver las vulnerabilidades de protección detectadas de unidades de tipo Bandera ante ataques UAV,s.** En base los riesgos reales descritos en la Fase 3, se identificarán las líneas maestras en las cuales se debe trabajar a futuro para resolver las vulnerabilidades de protección detectadas. Estas líneas no serán analizadas, por quedar fuera del alcance del presente trabajo.

A continuación se citan y describen las herramientas utilizadas a lo largo de la metodología que se acaba de describir:

- **Consulta de bibliografía e informes especializados.** Esta bibliografía se utilizó principalmente para contextualizar lo máximo posible la amenaza UAV sobre una Bandera y analizar las posibilidades y limitaciones de los medios contra-UAV disponibles en el ET. Así, está presente en las cuatro fases metodológicas del presente TFG.
- **Obtención de información complementaria.** Para poder completar la información obtenida en bibliografía e informes se contó con la ayuda, del personal destinado en la X Bandera “Millán-Astray” de La Legión y con Cuadros de Mando (CUMA,s) especializados en el tema ajenos a la Unidad. Estos CUMA,s se encuentran destinados en diversas unidades u organismos, como son el Mando de Operaciones, la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), o el Grupo de Artillería de Campaña II de La Legión.
- **Encuestas y entrevistas.** Las encuestas son consideradas como un método científico que puede ser utilizado para identificar variables y relaciones, sugerir hipótesis y dirigir otras fases de la investigación [7] Por su parte, las entrevistas pueden definirse como un “método de investigación capaz de dar respuestas a problemas tanto en términos descriptivos como de relación de variables, tras la recogida de información sistemática, según un diseño previamente establecido que asegure el rigor de la información obtenida” [8, p. 120]

Estas dos herramientas se emplearon sobre una muestra estratificada, es decir, no se hicieron sobre toda la “población” que compone la X Bandera “Millán Astray” de La Legión, si no a un grupo de 12 expertos dentro de ella, todos con conocimientos y experiencias previas en las perspectivas que se ahondan en el presente trabajo. La concentración de tantos expertos en la Bandera durante la realización de las Prácticas externas se debe a que esta Unidad despliega en noviembre de 2019 en la misión

EUTM-MALI XV. La selección de la muestra se hizo teniendo en cuenta que debían cumplir alguno de los siguientes requisitos:

- Se ha recibido la formación del curso Contra-UAV Portátil, impartido a personal que participa en la misión EUTM-MALI.
- Es operador de alguno de los equipos UAV que despliegan en el contingente EUTM-MALI XV
- Es un CUMA que forma parte de la compañía de protección que dará seguridad al contingente EUTM-MALI XV.

La proporción de personal que cumplían cada uno de estos requisitos se encuentra descrita en el Anexo D. “Características del grupo focal”. En este anexo también se encuentra descrita la proporción de personal de tropa, suboficiales y oficiales que conforman la muestra.

El modelo de encuesta-entrevista realizada se encuentra en el Anexo. E “Modelo de encuesta-entrevista”. Se ha denominado a esta herramienta como “Encuesta-Entrevista” porque se realizaron de forma individual y presencial y porque en el cuestionario aparecen preguntas cerradas de tipo cuantitativo que permiten valorar los medios contra-UAV que dispone el ET mediante la herramienta Radar Chart y preguntas abiertas de tipo cualitativo que permiten ahondar en algunos aspectos de estos de una forma más concreta. Así, esta herramienta se ha utilizado principalmente en las Fases 2, 3 y 4 del presente trabajo. Las respuestas a estas encuestas-entrevistas aparecen recogidas en el Anexo F. “Respuestas de la encuesta-entrevista”.

- **Radar chart.** Radar chart es una herramienta ampliamente aceptada por el sector empresarial para gestionar las adquisiciones de mercado. Permite una fácil visualización de los parámetros que se crean convenientes para evaluar la mejor opción de entre todas las disponibles. [9] En nuestro caso, nos permitirá detectar los aspectos más negativos y positivos de que cada uno de los sistemas Contra-UAV (o que puedan servir para tal fin) listados en el apartado 1.2., según el criterio de los expertos. Como se ha comentado anteriormente, esta herramienta ha sido utilizada en la Fase 2 para evaluar los sistemas de protección en base al criterio de los expertos.
- **Matriz de probabilidad e impacto.** Una matriz de probabilidad e impacto puede definirse como una herramienta de análisis cualitativo de riesgos. Permite la caracterización de los riesgos que hayan podido ser identificados en categorías, atendiendo a su probabilidad de ocurrencia y a la gravedad del impacto que pueda genera. [10] Tal y como ha quedado citado en la metodología, esta herramienta se ha usado en la Fase 1 para identificar de manera inicial una lista de riesgos que para la

Bandera supone el ataque de un UAV y en la Fase 4 para obtener una lista de riesgos final ante esta situación teniendo en cuenta la doctrina y los medios contar-UAV con los que cuenta actualmente la Bandera.

4. Desarrollo del Trabajo y Resultados

4.1. Tipos de ataque mediante UAV's que se han recibido en zonas de operaciones en las que ha participado unidades de tipo Bandera.

4.1.1. Caracterización de los tipos de ataque UAV.

4.1.1.1. Tipos de UAV empleados y sus características.

Los UAS empleados con mayor frecuencia por nuestros adversarios en ZO son los conocidos como Low ,Slow, Small (LSS). La gran oferta de mercado disponible atiende a razones como su bajo coste y facilidad de manejo. Otro gran factor a tener en cuenta es el entramado existente de redes ilegales que facilitan su suministro y distribución, así como de los diferentes componentes esenciales que necesitan estos sistemas. A esto se une el hecho de que la arquitectura de los distintos grupos terroristas acostumbra a incluir ahora cierta capacidad de ingeniería, que permite aumentar la precisión y capacidad de estos dispositivos. Todo ello deriva en el hecho de que esta tendencia vaya al alza, aumentando exponencialmente su empleo y venta. [11] [12] [13]

Además, los expertos valoraron como muy alta la capacidad que disponen nuestros adversarios en ZO de adquirir y/o fabricar UAV,s (pregunta 19 de la encuesta).

Las características generales de estos UAS LSS aparecen recogidas en el Anexo G. “Características generales de los UAS LSS”

Atendiendo a la clasificación de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) (Ver Anexo H “Clasificación OTAN de los UAV,s”), que diferencia los UAS en función de las características físicas de su UAV, los LSS se encuentran dentro de la “CLASE I” (≤ 150 kg), y, por lo general, dentro de las categorías “MICRO” (< 2 kg) y “MINI” (2-20kg).

No obstante, debido a que dentro de las categorías anteriores se agrupan una amplia variedad de UAS, de prestaciones muy distintas, en el presente trabajo se realizará la distinción en función del tipo de sustentación del UAV. A este respecto, y dando por sentado que nuestros adversarios se nutren principalmente de UAV comerciales, encontramos las siguientes categorías: (i) de ala fija; (ii) de ala rotatoria (iii) multirrotores o multicópteros. Las principales ventajas y desventajas que ofrecen cada uno de estos modelos aparecen recogidas en el Anexo I. “Tipos de UAV comerciales. Ventajas y desventajas”.

Los datos manejados por el ET revelan que actualmente los UAV comerciales multirrotores representan aproximadamente el 95%. La fácil adquisición y manejo de estos hace que sean con

diferencia los empleados con mayor frecuencia, como por ejemplo dentro del entorno del autodenominado Estado Islámico. Además, dentro de esta categoría, la empresa china DJI representa entre el 83 y 85% de cuota de mercado [14]. Esto tiene ciertas implicaciones en nuestro planteamiento defensivo Contra-UAV, como el hecho de que algunos de nuestros medios sean eficaces únicamente contra modelos propios de la marca DJI, tal como se estudiará con posterioridad en el apartado 4.2.2.

4.1.1.2. Análisis de su forma de empleo contra la Bandera.

La experiencia demuestra que el adversario al que se enfrenta el ET en ZO no aparenta diferenciar entre lo que es una “Unidad Tipo Bandera” o no. Realmente lo que busca es dar visibilidad al hecho de que haya podido ocasionar algún tipo de daño a las fuerzas regulares de los ejércitos extranjeros allí desplegados. En este sentido, la Bandera sufre las consecuencias del empleo típico y generalizado de los UAV’s por parte del enemigo.

Concretamente, las acciones hostiles que pueden sufrir nuestras unidades o instalaciones militares se clasifican, en función de la carga de pago asociada¹, de la siguiente forma: [12]

I. Inteligencia: acciones destinadas a la obtención de información, o a negar a la Bandera la obtención de la misma. Algunos ejemplos son: inteligencia, vigilancia y reconocimiento; espionaje...

II. Operaciones: acciones destinadas a favorecer o apoyar el desarrollo de una operación superior, empleando los UAV,s como capacitadores. Algunos ejemplos son: adquisición de objetivos, corrección del tiro, mensajería discreta, transporte de material, señuelo/distracción...

III. Sistemas de Armas: acciones destinadas a la consecución de algún tipo de daño, empleando el UAV como sistema de armas portátil. Algunos ejemplos son: bombardeo aéreo, *Improvised Explosive Device* (IED) aéreo, incendios premeditados, sabotaje por daño físico...

IV. Operaciones de influencia: acciones destinadas a hacer percibir en uno o varios de los actores presentes en un determinado Teatro de Operaciones (TO) y que actúen en él, directa o indirectamente, una impresión definida de la fuerza ejecutante de tal acción, o de alguna otra. En este caso las operaciones se dividen en operaciones psicológicas (tales como distribución de

¹ Por carga de pago se entiende todo aquello que puede llevar acoplado la aeronave para el cumplimiento de una misión concreta. Se puede tratar de sensores, videocámaras, armamento, explosivos... Se trata en definitiva de la carga útil. [4]

propaganda, evidenciar fallos de seguridad...) u operaciones que empleen el UAV como plataforma de información pública (publicidad de mensajes o símbolos).

La clasificación anterior recoge únicamente la acción ejecutada y el efecto que se pretende conseguir con ello. Sin embargo, el empleo concreto de un UAV es una de las últimas fases dentro de lo que se conoce como el “Ciclo de la Amenaza UAS LSS” (Figura 2). [3] En este ciclo se distinguen las siguientes fases:

- *Target Selection* (Selección del objetivo): éste puede ser un objetivo planeado con el que se pretenda conseguir algún efecto previsto o bien, un objetivo oportuno.

- *Surveillance of Target/Obstacles* (Vigilancia del Objetivo/Obstáculos): la vigilancia se realiza sobre el objetivo final o sobre algún elemento que vaya a ser empleado como obstáculo para el objetivo. Esta vigilancia puede incorporar algún otro elemento UAS LSS empleado para tal fin.

- *Operational Planning* (Plan Operacional): los UAS LSS normalmente se integran dentro de un plan operacional mayor, que persigue una finalidad superior a los efectos que pueda producir el empleo de los UAV,s, que son utilizados como fuerza capacitadora.

- *System Acquisition and/or Fabrication* (Adquisición y/o Fabricación del Sistema): en esta fase se selecciona el modelo concreto de UAS LSS que se va a emplear, pudiendo incluso modificar sus prestaciones o fabricarlo.

- *Research, Development, Test & Evaluation* (Investigación, Desarrollo y Evaluación): en esta fase se contrasta si el UAS adquirido y/o fabricado cumple las prestaciones necesarias o no. Se puede considerar como una fase que se solapa en el tiempo con la anterior, hasta garantizar que se consigue el producto final deseado.

- *Event Staging and Execution* (Puesta en Escena del Evento y Ejecución): es la acción hostil propiamente dicha. Al igual que en la Fase “*Target Selection*”, ésta puede ser planeada u oportuna.

- *Escape/Evasion* (Fuga/Evasión): esta escapada suele implicar también la retirada del UAS, si éste no tenía como objetivo el ser destruido.

- *Profiteering* (Obtención de beneficios): esta fase engloba todas aquellas acciones realizadas a posteriori que pretender dar visibilidad a la acción hostil realizada. Es vital para garantizar que las acciones UAS LSS se sigan orquestando.



Figura 2. Ciclo de la Amenaza UAS LSS. Fuente: [3]

Con esto, queda patente que el empleo de los UAV,s por parte de nuestros adversarios no acostumbra a ser fortuito. En la mayoría de los casos esto responde a un proceso de planeamiento complejo. Por tanto, en la lucha contra los ataques en los que se empleen UAV,s ha de valorarse romper este ciclo en alguna de sus fases.

4.1.1.3. Clasificación de los daños potenciales que los ataques pueden ocasionar a la Bandera.

En este apartado se utilizan los datos recabados de los expertos mediante la encuesta. Concretamente las preguntas relacionadas con esta materia son las que van de la 3 a la 18, ambas incluidas).

En concreto, se preguntó la probabilidad y el impacto que pueden tener en la Bandera (GT cuando hablamos de ZO) los cuatro tipos de ataques descritos en el apartado 4.1.1.2., en dos situaciones distintas: cuando la Bandera se encuentra desplegada en una instalación (un acuartelamiento, un edificio en el que haya que estacionarse...) o cuando se está desplazando (patrullas, convoyes...).

La probabilidad de ocurrencia de cualquiera de las situaciones se ha extrapolado a una escala numeral ordinal que va del 1 al 5; siendo el 1 el mínimo y 5 el máximo. El impacto que cualquiera de estas situaciones pueda tener para la Bandera se ha extrapolado a una escala cualitativa; siendo Low (L) un bajo impacto, Medium (M) un impacto medio y High (H) un impacto alto.

Con esta información se elabora la matriz de probabilidad e impacto de la primera fase de la metodología descrita (Tabla 1) (un total de 8; dado que cada tipo de ataque se evalúa en dos escenarios distintos). De ella se extrae la lista de riesgos sin tener en cuenta las posibles soluciones o medidas para contrarrestarlos, que aparece en la Tabla 2. Como en ella se observa, a priori, los UAV,s representan una gran amenaza para nuestras fuerzas, debido a que se han identificado un total de 5 riesgos medios (color amarillo), 2 riesgos medios-altos (color naranja) y un riesgo alto

(color rojo). Esto es en definitiva la primera parte del análisis de riesgos, recogido en el Anexo J. “Análisis de riesgos”

Probabilidad	3	0	0	1
	2	2	3	2
	1	0	0	0
		Low	Medium	High
		Impacto		

Tabla 1. Matriz de probabilidad e impacto inicial. Fuente: elaboración propia.

3H	Sufrir ataque de la categoría I cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.
2H	Sufrir ataque de la categoría III cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.
2H	Sufrir ataque de la categoría III cuando la Bandera se encuentre desplazándose.
2M	Sufrir ataque de la categoría I cuando la Bandera se encuentre desplazándose.
2M	Sufrir ataque de la categoría II cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.
2M	Sufrir ataque de la categoría II cuando la Bandera se encuentre desplazándose.
2L	Sufrir ataque de la categoría IV cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.
2L	Sufrir ataque de la categoría IV cuando la Bandera se encuentre desplazándose.

Tabla 2. Lista de riesgos inicial. Fuente: elaboración propia.

4.2.Métodos de protección que actualmente disponen las unidades de tipo Bandera para repeler ataques recibidos mediante el uso de UAV's.

4.2.1. Concepto de “métodos de protección” desde un punto de vista teórico.

A nivel doctrinal, el BIL carece de una unidad para la defensa aérea² (DA) específica. Asume por tanto que la protección se basará siempre en las acciones de la defensa antiaérea³ (DAA) que la unidad superior pueda proporcionar.

Estas acciones se corresponden en la gran mayoría de los casos con la actuación de unidades de artillería antiaérea (AAA). En aquellos supuestos en los que el BIL se encuentre más aislado de su unidad superior (sea por la distancia, por la descentralización en la ejecución...),

² “La defensa aérea es el conjunto de actividades encaminadas a anular o reducir la eficacia de la acción aérea hostil” [5, cap.3, p. 13]

³ La defensa antiaérea (DAA) es la contribución por parte de unidades de superficie a la defensa aérea” [5, cap.3, p. 13]

dichas unidades se organizan para el combate constituyendo unidades de defensa aérea (UDAA). Estas acompañan al BIL, y son organizadas con carácter limitado; tanto en tiempo como en espacio. [5]

De esta situación se identifica el primer problema, en tanto que no en todos los escenarios el BIL cuenta con estas UDAA,s para su protección aérea inmediata. En el escenario concreto de Mali, por ejemplo, esta casuística no se da. Si bien, es cierto que este contexto en concreto no recomienda el despliegue de dichas unidades.

Pero es aquí donde precisamente se identifica el segundo fallo de ésta publicación doctrinal. El hecho de que no sea necesario el despliegue de unidades de AAA, no significa que el BIL (en este caso el GT, dado que presenta una orgánica adaptada a las vicisitudes de la operación en el exterior) se encuentre exento de amenazas aéreas. El error se basa en el hecho de que se fija que la gran mayoría de las amenazas aéreas presentes a baja altura, vienen, para el BIL/GT de la mano de la presencia de posibles helicópteros enemigos, [5] cuando, en realidad, en los escenarios que se viven actualmente existe una conminación intermedia (o no tan alta y exacerbada como pueden ser los helicópteros).

En cualquier caso, se fija que la seguridad ante la acción de aeronaves (esta vez desde un punto de vista más general), se ha de sustentar en la puesta en práctica de tres sistemas independientes [5]:

- Sistema de Vigilancia y Alarma: consiste en advertir la presencia de aeronaves que puedan comprometer la seguridad propia.

- Sistema de Defensa Activa: aunque se trata de un sistema independiente, supedita su efectividad a la eficacia del sistema de vigilancia y alarma, dado que la rápida advertencia de presencia aérea enemiga facilitará en gran medida el desarrollo de este conjunto de acciones. Consiste en la ejecución de ataques directos como método de protección. “Se basa en la rápida respuesta a la amenaza mediante el fuego y la intervención inmediata de los elementos adecuados.” [5, cap. 3 p. 14]

- Sistema de Defensa Pasiva: comprende aquellas medidas que no impliquen una acción directa contra el enemigo, pero que están encaminadas a garantizar la supervivencia. Consiste en reducir o anular los posibles efectos derivados de la acción hostil. Algunos ejemplos son: dispersión, fortificación, enmascaramiento, decepción o control de emisiones.

De todos estos sistemas, el único en el que el BIL no puede llegar a ser plenamente independiente es el de Defensa Activa, dado que doctrinalmente precisa de esas unidades de AAA.

Esta publicación doctrinal también analiza, con posterioridad, las implicaciones que tiene la protección de la fuerza en conflictos asimétricos (recuérdese que son estos los conflictos

presentes en los escenarios en los que nos movemos actualmente). Para estos casos, se sientan las bases de lo que ha de ser la seguridad en instalaciones, en unidades o convoyes; es decir, en las mismas situaciones que hemos estudiado con anterioridad en este trabajo. Aquí tampoco se menciona la posibilidad de sufrir ataques de UAV,s. Se denota, por tanto, que el manual está obsoleto o incluso en aquellos apartados que se presuponen más actualizados y concretos.

Los expertos, al ser preguntados por el estado la doctrina (preguntas 1 y 2 de la encuesta), revelaron estar en bastante disconformidad con la misma.

Por parte desde el Ministerio de Defensa se están llevando a cabo algunos esfuerzos para intentar revertir esta situación, al margen de dichas publicaciones doctrinales. En este sentido el documento que “deberá servir de guía y orientación para el correcto desarrollo de la capacidad de defensa C-UAS LSS, y su correspondiente Plan de Implementación.” [11, p. I] anticipa que el problema de los UAS LSS se habrá de fijar desde varias perspectivas, tal como muestra la siguiente figura (Figura 3):

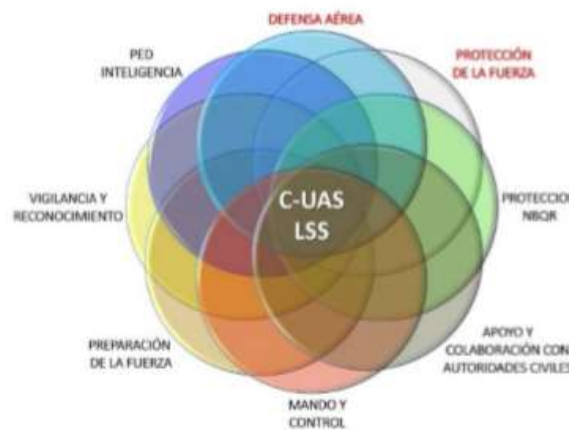


Figura 3. Áreas de Capacidad afectadas por la defensa Contra-UAS LSS. Fuente: [11]

No obstante, confiere un papel principal a las capacidades de DA y Protección de la Fuerza⁴ (PF), en tanto a que estas dos habrán de servir de guía a la hora de enfrentar el problema de los UAS, dependiendo del entorno, escenario, y el tipo de protección que se quiere emplear. (Para más información, ver Anexo K. “Escenarios, entornos y tipos de protección”).

En los casos que baraja el presente trabajo, dado que las unidades despliegan en el contexto de operaciones terrestres, se aconseja abordar el problema desde un planteamiento basado en la PF. Esto es así porque “aplica procedimientos de gestión del riesgo y adopta medidas de protección pasiva y activa para contrarrestar las distintas amenazas. Incluye medidas preventivas

⁴ Actividades encaminadas a garantizar la seguridad de nuestra fuerza.

de control del área de responsabilidad, disuadiendo al adversario o negando a éste su capacidad de ataque. Asimismo, aplica el principio de atacar la red del adversario, para lo que es fundamental disponer de la capacidad de explotación técnica del incidente UAS LSS, de la que se obtendrá la información para elaborar la inteligencia que permita atacar esas redes” [11, p. 12]. A pesar de ello “...la necesaria unidad de doctrina a nivel conjunto [...] imponen que el planteamiento en el componente terrestre se base en DA” [11, p. 12]

La traducción literal de los fundamentos teóricos que se acaban de desarrollar tiene dos implicaciones: por un lado, la inclusión, dentro de los procesos de planeamiento de nivel Bandera e inferior, de componentes que reflejen los esfuerzos destinados a la lucha Contra-UAS LSS. Por otra parte, el desarrollo de tácticas, técnicas y procedimientos (TTP,s) que permitan un rápida ejecución ante el avistamiento de un posible UAV enemigo.

En cuanto al punto anterior, se puede afirmar que existe un estándar general que define el procedimiento completo a llevar a cabo. Se trata del ciclo de sistemas Contra-UAS (Figura 4)



Figura 4. Ciclo sistemas C-UAS. Fuente: [11]

Las fases de este ciclo son las siguientes: [11]

- Prevenir: esta etapa cierra el ciclo Contra-UAS LSS y consiste en el procesamiento de la información de inteligencia (INTEL). Es la primera etapa del ciclo. Se considera crítica en tanto a que es vital para conseguir una rápida adaptación a la evolución de la amenaza UAS LSS.

- Detección: consiste en la localización de un supuesto UAV enemigo. Esto puede darse a través de: [15] (i) Audio (la gran mayoría de los UAV tiene motores que producen una determinada firma sónica); (ii) Radiofrecuencia (la comunicación entre el UAV y el operador del mismo se da a partir de una determinada radiofrecuencia); (iii) Termografía (el UAV presenta una firma térmica como consecuencia del motor); (iv) Radar (el UAV, como objeto que es, puede ser detectable con la tecnología radar); (v) Avistamiento (el mero hecho de observar lo que puede ser un UAV).

- **Identificación:** consiste en la confirmación de que el objeto previamente detectado es un UAV. Esta etapa puede apoyarse en: (i) Sistemas Optrónicos⁵; (ii) Sistemas de Radiofrecuencia; (iii) Identificación visual.

- **Decisión:** en esta etapa se determina el procedimiento a llevar a cabo para neutralizar, si procede, el UAV. Esta decisión se realiza teniendo en cuenta los estándares preestablecidos de Mando y Control (C2).

- **Neutralización:** consiste en la detención y/o eliminación del UAV. Las distintas técnicas de neutralización se clasifican de la siguiente forma: [14]

- (i) **Softkill** (medidas no destructivas): medidas cuyo objetivo es alterar el comportamiento del UAV:

1. **Jamming** (Interferir): el objetivo es interceptar el UAV dejándolo en vuelo estacionario, impidiendo su movimiento.
2. **Hijacking** (Secuestrar): el objetivo es hacer que el UAV aterrice en zona segura.
3. **Spoofing** (Confundir): el objetivo es simular que el que se persigue con el Hijacking, con la salvedad de que en estos casos el piloto no sabe que la ruta está alterada.

Estas técnicas persiguen en definitiva perturbar o bien la señal de control de la aeronave, o bien la señal GPS. Los efectos de la inhibición en función de estos dos supuestos, en cada uno de los tipos de los UAV,s descritos en el apartado 4.1.2.1. se encuentran recogidos en el Anexo L. “Efectos de la inhibición en UAV,s comerciales”.

- (ii) **Hardkill** (medidas destructivas): medidas cuyo objetivo es dañar físicamente el UAV, o alguno de sus componentes. [14]

1. **Shooting** (Disparar): el objetivo es destruir el UAV en vuelo o provocar su derribo.
2. **Hunting** (Cazar): el objetivo es neutralizar el UAV sin provocar su destrucción, o controlando la zona de derribo
3. **Kamikaze** (Suicidio): el objetivo es la eliminación del UAV, sacrificando para ello algún otro UAV o dispositivo propio.

Este ciclo de sistemas Contra-UAS se ha de traducir, desde el nivel teórico, en un procedimiento concreto y estandarizado que permita la rápida actuación en situaciones de estrés. Estamos hablando en definitiva de lo que se conoce como TTP,s (mencionadas con anterioridad).

⁵ La definición oficial de la Real Academia de Ingeniería es: “Sistema compuesto de elementos como radar, láser y calculadores electrónicos generalmente aplicado a la detección y seguimiento automático de blancos.”

Estas TTP,s se han de trabajar en tiempo de paz en territorio nacional, para lograr una alta mecanización. Este ejercicio ahorrará, a la hora de la verdad, tiempo y esfuerzos en tanto a que todo el mundo sabrá qué hacer en cada momento y situación, en nuestro caso, cuando se detecte un posible UAV enemigo.

Estos procedimientos existen para la gran mayoría de las coyunturas a las que se pueden ver inmersas nuestras tropas en ZO. No obstante, en el caso concreto que afecta a este trabajo (UAV enemigos), no hay establecido ningún protocolo de actuación concreto. Esto radica en el hecho de que exista un gran riesgo en el futuro en tanto a que la gente no se encuentra familiarizada con este peligro, o no sepa realmente qué hacer.

Los expertos, al ser preguntados por los métodos de protección (preguntas de la 3 a la 17 de la encuesta, ambas incluidas) revelaron su disconformidad con la situación actual.

A la vista de los resultados, creen que no solo no existen suficientes TTP,s, sino que además no se adiestra e instruye al personal en lo que a la protección Contra-UAV se refiere.

4.2.2. Sistemas de Protección.

A continuación se analizarán los medios disponibles por nuestras tropas en ZO (más concretamente en Mali) para afrontar la amenaza UAV.

- Sistema AEROSCOPE. [6] [14] El sistema AEROSCOPE (Figura 11) es un maletín portable que sirve para detección e identificación de UAV,s. Cuenta con una pantalla en la que aparecen los UAV,s detectados en el radio de acción del sistema (2,5 km aproximadamente), así como información referente a ellos, por lo cual se puede afirmar que efectivamente cumple la función de identificación. La relación de características técnicas, así como la información concreta que se ofrece este sistema se encuentra descrita en el Anexo M. “Características del sistema Aeroscope”.



Figura 5. Sistema AEROSCOPE. Fuente: [14]

Esta información resulta de gran utilidad, dado que no solo monitoriza la trayectoria del aparato, sino que se ofrece también la distancia a la que se encuentra del piloto que lo pueda estar

manejando. Con este medio se consigue, en definitiva, una perfecta localización del UAV y del piloto.

El principal inconveniente que presenta es que solamente funciona con UAV,s comerciales de la marca DJI. Es cierto que esta marca cubre aproximadamente el 85% de la cuota de mercado actual, tal como se ha explicado en el apartado 4.1.2.1. de este trabajo; aun así, hay otro gran 15% de UAV,s que no pueden ser detectados por este medio. A esto hay que sumar aquellos que puedan ser de fabricación completamente casera, o que hayan podido ser altamente modificados. Esta desventaja ha sido la más remarcada por nuestros expertos al ser preguntados.

Otra limitación encontrada en base a las entrevistas es que, en el caso concreto de la misión EUTM-MALI, solamente hay uno de estos sistemas. Nuestros operadores solamente están entrenados para realizar mantenimiento de primer escalón, es decir, mantenimiento diario que excluye la reparación parcial o total del sistema si este se estropea. Con lo cual, si ocurriera este supuesto, en la práctica no sería posible su utilización mientras es reparado por personal cualificado, siendo difícil de predecir este tiempo, que dependería de la rotura concreta.

La figura 6 muestra el Radar chart que se obtiene de las respuestas de los expertos recogidas en las entrevistas-encuestas. En ella se observa que, si bien los expertos valoran gratamente las características técnicas del sistema, el hecho de que éste no sea eficaz contra la totalidad de los UAV posibles, hace que su opinión baje.

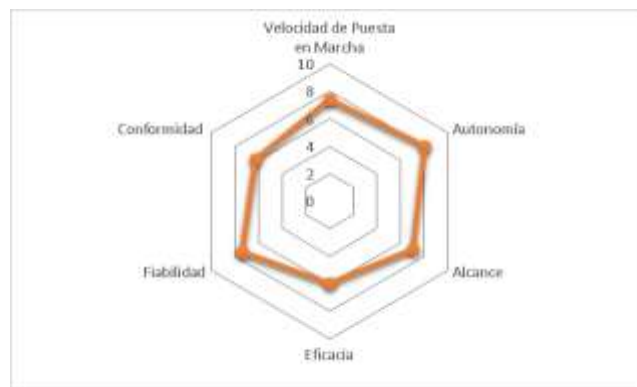


Figura 6. Valoración del sistema Aeroscope por los expertos. Fuente: elaboración propia.

- Sistema Drone-Defender. [3] [6] [14] El sistema Drone-Defender sirve para la neutralización de UAV, s y está compuesto por un cuerpo tipo rifle, tres antenas de transmisión y una mochila con la electrónica y baterías necesarias para su funcionamiento.



Figura 7.Figura 13. Cuerpo Rifle del Sistema Drone-Defender. Fuente: [14]

El cuerpo tipo rifle es al mismo tiempo el interfaz primario del usuario. Dispone de dos disparadores que inhiben, respectivamente, la señal GPS o la señal de control. Para su empleo, tan solo se ha de apuntar manualmente al UAV en vuelo y presionar uno o ambos disparadores, en función del efecto que se quiera conseguir. Este sistema es eficaz con la totalidad de UAV,s comerciales Clase-I, sin hacer distinción en función de si pertenece a la empresa DJI o no. (Como sí ocurre con el sistema AEROSCOPE). Las características técnicas, así como la forma de empleo del sistema se encuentran detalladas en el Anexo N “Características del sistema Drone-Defender”

Al ser preguntados, los expertos valoraron en su mayoría que la principal limitación que presenta este medio es el hecho de que no se tenga el control del UAV cuando este se neutraliza. Es por ello que se ha de tener muy en cuenta los efectos derivados de la inhibición en según qué tipo de UAV comercial (estos aparecen descritos en el Anexo L. “Efectos de la inhibición en UAV,s Comerciales”). El operador no solo ha de estar adiestrado en el preciso manejo del sistema, sino que además debe de tener interiorizado las consecuencias de las acciones que ejecuta. El hecho de que, por ejemplo, un UAV se precipite al suelo cuando es perturbado, puede seguir siendo igual de letal que si no se hiciera. Otro inconveniente identificado es que este sistema se ha de utilizar preferentemente en conjunción con otro que sirva para la detección e identificación de UAVs. Si no, es el propio operador el que ha de realizar estas dos fases por sí mismo, y de manera visual, lo cual complica ampliamente el ciclo Contra-UAS. Además, en Mali actualmente se disponen de dos sistemas Drone-Defender, lo cual, en opinión de los expertos, es algo negativo. Se debería de contar con más ejemplares.

Por el contrario, las respuestas de las entrevistas revelaron que la principal ventaja existente es el hecho de que el piloto pierda el control total del aparato. Es decir, aunque se percate de que está sufriendo un ataque Contra-UAV, no puede hacer nada al respecto.

La figura 8 muestra el Radar chart que se obtiene de las respuestas de los expertos recogidas en las entrevistas-encuestas. En él es evidente que la principal carencia técnica es el alcance. A pesar de ello, la alta eficacia y fiabilidad suplen esta insuficiencia, logrando con ello una elevada conformidad con el sistema.

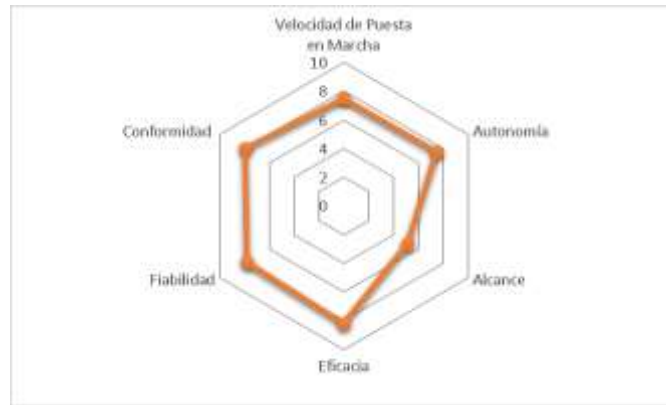


Figura 8. Valoración del sistema Drone-Defender por los expertos. Fuente: elaboración propia.

• Otros medios. A continuación se analizan aquellos medios que, si bien no han sido diseñados con la finalidad de servir como sistemas Contra-UAV, pueden ser utilizados para ello en alguna de las fases del ciclo Contra-UAS.

En nuestro caso, sirven todos como sistemas de detección, dado que se trata de medios de observación y vigilancia.

I. Subconjunto de observación de la torre del vehículo RG-31 [6] [16]. El RG-31 es un vehículo blindado de infantería con capacidad para transportar un pelotón. En la configuración española, estos vehículos han sido dotados con la estación de armas de accionamiento remoto “MINISAMSON”. Se trata en definitiva de un sistema de armas que permite acoplar diferentes ametralladoras, para ser manejadas desde el interior del vehículo. En nuestro caso, los vehículos disponen de la ametralladora del calibre 12.70 x 56 mm “Browning M2”

Este sistema lleva consigo un subconjunto de observación que permite la obtención de imágenes en ambientes diurnos y nocturnos (Figura 9). Además, cuenta con un dispositivo de seguimiento para la adquisición y seguimiento automático de blancos. Este subconjunto está formado por:

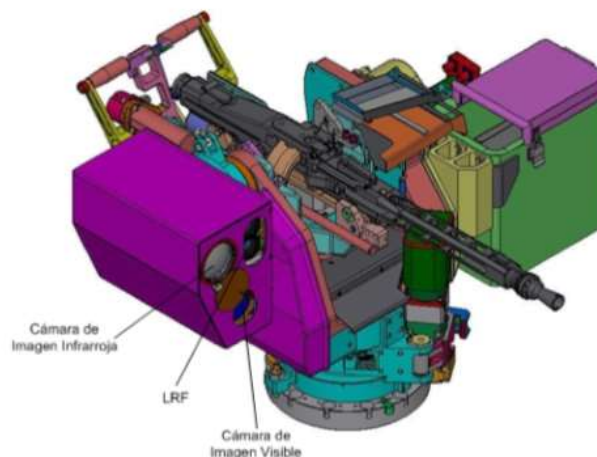


Figura 9. Subconjunto de Observación del sistema de armas "MINISAMSON". Fuente: [16]

- Cámara de Imagen Visible (cámara CCD): sistema de visión diurna de alta calidad.
- Cámara de Imagen Infrarroja (cámara FLIR): sistema de visión nocturna consistente en una cámara térmica. Puede ser también operado en ambiente diurno.
- Telémetro Láser: se trata de un sistema que permite obtener la distancia real entre un determinado objeto y el vehículo RG-31 desde el que se observa.

La relación de características técnicas este subconjunto se encuentra detallado en el Anexo O. “Características del Subconjunto de observación de la torre del vehículo RG-31”

En la práctica, el mayor beneficio que puede presentar la utilización de este sistema para la detección de UAVs es la Cámara “FLIR”. Tal como se explicó en el apartado 4.2.1., todo los UAV,s emiten una firma térmica como consecuencia de la acción de su motor, firma que puede ser detectada.

Al ser preguntados sobre las limitaciones que pueda presentar este sistema, los expertos en su mayoría afirmaron que se puede antojar complicado detectar un UAV en base a su firma térmica. A pesar de que es una alternativa real, el principal problema se deriva del hecho de que se trata de un sistema de detección y no de identificación. Es decir, el operador debe de estar muy adiestrado como para poder diferenciar un UAV de otra cosa en base a una imagen térmica, porque esta diferenciación no es algo que el sistema haga por sí mismo.

A pesar de esto, los expertos declararon que se trata de un sistema muy fiable. Entre las ventajas identificadas se encuentra el hecho de que sea un sistema al que no afecten las inclemencias meteorológicas.

En el caso de concreto de Mali, hay disponibles 6 vehículos RG-31.

La figura 10 muestra el Radar chart que se obtiene de las respuestas de los expertos recogidas en las encuestas. En ella se observa que los expertos valoran muy positivamente las prestaciones de este sistema. Se trata de un medio de observación muy completo desde el punto de vista técnico.

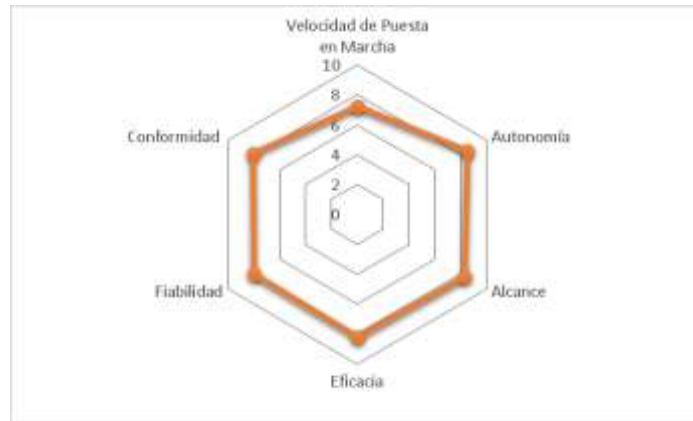


Figura 10. Valoración del subconjunto de observación del sistema de armas "MINISAMSON" por los expertos. Fuente: elaboración propia.

II. Cámara Coral. [6] [17] Se trata de un conjunto binocular compacto y portátil que incorpora una cámara térmica, un telémetro laser, brújula y GPS (Figura 11). De igual forma que la cámara FLIR estudiada anteriormente, este sistema permite la detección de UAV,s gracias a la firma térmica que presentan. Se trata por tanto de un sistema de detección muy similar al anterior. La principal diferencia estriba en que en este caso la cámara es portátil. Las características técnicas se encuentran detalladas en el Anexo P. "Características de la cámara CORAL".

La principal limitación en opinión de los expertos se trata de la misma que presentaba la cámara FLIR: detectar e identificar un UAV en base a su firma térmica es algo complicado. A esto hay que sumar algunas otras desventajas como el peso (3,4kg), que puede llegar a ser excesivo teniendo en cuenta que la cámara está pensada para ser portada por una persona (que lleva más equipo consigo).



Figura 11. Cámara "CORAL". Fuente: [18]

En el caso concreto de Mali, solamente se cuentan con 2 Cámaras "Coral". En opinión de los expertos este número es muy reducido. Todos ellos afirmaron que se debería dotar a las unidades de más ejemplares porque ofrecen ventajas muy interesantes debido a su versatilidad, característica derivada de su carácter portátil y de sus prestaciones técnicas. Todos los

entrevistados afirmaron que este medio puede llegar a cumplimentar muchas otras misiones, a parte de la observancia de UAV,s.

La figura 12 muestra el Radar chart que se obtiene de las respuestas de los expertos recogidas en las encuestas. En ella se observa que destacan negativamente la autonomía de la cámara y su velocidad de puesta en marcha. A pesar de ello, las posibilidades que ofrece son muchas, dadas su alta fiabilidad y eficacia. Esto hace que la conformidad de los expertos con este sistema se equilibre.



Figura 12. Valoración Expertos Cámara "Coral". Fuente: elaboración propia.

III. Sistema "BlackHornet". [6] [19] El PD-100 BlackHornet es un UAS conformado por dos UAV con sensores, estación base, mando de control, pantalla, bolsa y otros elementos complementarios. Todo ello puede ser guardado en un maletín de transporte. Cada uno de los UAV (sensores aéreos, ver figura 13) cuenta con capacidad de obtención de imágenes en ambiente diurno y nocturno. La capacidad de actuar en situaciones de escasa visibilidad se la da el sensor infrarrojo que dispone, permitiendo así el reconocimiento térmico. Las características técnicas de este sistema se encuentran detalladas en el Anexo Q. "Características del sistema BlackHornet".



Figura 13. UAV BlackHornet. Fuente: [19]

En el ciclo Contra-UAS este sistema sirve en la fase de detección, en tanto que ofrece la posibilidad de aumentar la obtención de información. El hecho de que incorpore un sensor infrarrojo, al igual que en los casos anteriores, permite detectar un UAV mediante su firma térmica.

Alguna de las limitaciones que encontraron los expertos es el hecho de que las inclemencias climatológicas afecten de sobremanera a este sistema. De hecho, con débiles rachas de viento, el piloto ya debe valorar si emplearlo o no, debido al reducido tamaño y peso del UAV. Además, la gran mayoría de los expertos apuntaron que la calidad de la imagen ofrecida cuando se opera en visión nocturna (utilizando el sensor infrarrojo, es decir, el reconocimiento térmico) es pésima. En su opinión, este sistema realmente valdría para intentar localizar al piloto del UAV, si es que este se pudiera encontrar cerca.

Por contra, el BlackHornet es prácticamente imperceptible, lo que garantiza una gran seguridad para las fuerzas propias cuando se esté empleando.

La figura 14 muestra el Radar chart que se obtiene de las respuestas de los expertos recogidas en las entrevistas-encuestas. En ella se observa que la principal carencia de este medio es su autonomía, a pesar de contar con dos UAV,s (uno se puede estar cargando mientras el otro se está utilizando). Esto afecta por tanto al alcance que pueda tener y al mismo tiempo en su eficacia. No obstante, es un sistema que se puede poner en marcha de una forma muy rápida, lo cual aumenta su versatilidad.

El contingente EUTM-MALI XV despliega dos equipos BlackHornet con 2 UAV,s diurnos y 2 nocturnos cada uno.

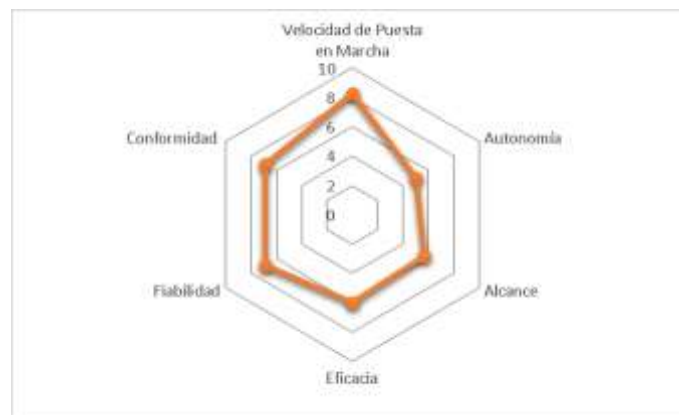


Figura 14. Valoración del sistema BlackHornet por los expertos. Fuente: elaboración propia.

IV. Mini UAV “RAVEN RQ-11 B”. [6] [20] [21] El RAVEN es un UAV pensado para realizar misiones a baja altitud de observación y vigilancia, adquisición de objetivos, protección de la fuerza, seguridad de convoyes, etc. (Figura 15). Es especialmente útil en ambiente urbano. Cuenta con una estación de control de tierra desde la que es operado. Puede actuar tanto en ambiente nocturno como diurno, en tanto a que cuenta con iluminación láser infrarroja (ofreciendo imágenes térmicas). Las características técnicas de este sistema se encuentran detalladas en el Anexo R. “Características del sistema UAV Raven B.”



Figura 15. Lanzamiento UAV Raven B. Fuente: [20]

En cuanto a la defensa Contra-UAV, el Raven ofrece a líneas generales lo mismo que el BlackHornet, en tanto a que ambos sistemas son UAV,s diseñados para la obtención de imágenes en tiempo real. Por tanto, las limitaciones y ventajas que de su condición se derivan son, en esencia, las mismas que en el caso anterior. No obstante, las diferencias técnicas hacen que el empleo real de este sistema sea distinto que el del BlackHornet.

En opinión de los expertos, el Raven es menos vulnerable a las inclemencias meteorológicas y ofrece mejores posibilidades de obtención de información. Sin embargo, por el contrario, es mucho más reconocible por parte del enemigo.

Esto ofrece una mayor versatilidad a la hora de pretender utilizar sistemas UAV, dado que se puede decidir entre usar uno u otro. En el caso concreto de Mali, se despliegan un total de 3 Raven y 2 estaciones de control de tierra.

La figura 16 muestra el Radar chart que se obtiene de las respuestas de los expertos recogidas en las encuestas. En ella se observa que es un sistema muy completo y que responde eficientemente a cada una de las cualidades preguntadas. El verdadero problema se deriva del hecho de que utilizar un UAV para detectar otro UAV o a su piloto es algo complejo, como se comentó anteriormente.



Figura 16. Valoración del UAV Raven por los expertos. Fuente: elaboración propia.

4.3. Análisis de las ventajas y limitaciones de los métodos de protección actuales en función de las experiencias propias de unidades tipo Bandera en zona de operaciones.

En este apartado corresponde a la Fase 3 de la metodología presentada. Así, consiste en re-clasificar los riesgos identificados en la Fase 1 (apartado 4.1.) en función de los métodos de protección caracterizados en la Fase 2 (4.2.) (en los que se tiene en cuenta la doctrina, los procedimientos y los medios que se disponen en ZO) . Con esto el resultado es una nueva lista de riesgos que se obtiene de la re-evaluación de la matriz de probabilidad e impacto obtenida en la Fase 1.

Para la re-evaluación de los riesgos se ha seguido el siguiente criterio.

- La reducción del impacto sólo es posible cuando la Bandera se encuentra ocupando alguna instalación. Esto es así porque en la gran mayoría de los casos, los medios Contra-UAV no se sacan al exterior, debido al reducido número de ellos. Normalmente cuando la Bandera se encuentre desplegada fuera o realizando convoyes, sólo se contará con la cámara FLIR del vehículo RG-31 y con la cámara Coral (en algunas situaciones también se podrán desplegar los UAV,s BlackHornet y Raven).

- No se puede reducir la probabilidad de ocurrencia de ningún riesgo. Nuestros medios no garantizan la prevención de ningún suceso, solamente la reducción de los efectos asociados al mismo. Para disminuir esta probabilidad, sería necesario realizar grandes esfuerzos para lograr disuadir al enemigo de emplear medios UAV en nuestra contra en el futuro.

Así, la matriz de probabilidad e impacto final resulta la siguiente (Tabla 3). Al comparar esta matriz con la inicial (apartado 4.1.1.3., Tabla 1), se observa que se ha pasado de tener un riesgo alto (color rojo) y dos medio-altos (color naranja) a tan solo dos riesgos medio-altos. Esto es así por la reducción del impacto descrita anteriormente. En total, de las 8 situaciones descritas, se ha conseguido reducir el impacto en 3 de ellas, pero la probabilidad se mantiene intacta. La lista de riesgos obtenida aparece en la Tabla 4. Como se observa en ella, el hecho de que sigamos teniendo sucesos que llevan asociados un impacto alto (H) o medio (M) (uno y cuatro, respectivamente) revela que realmente no contamos con la preparación ni los medios necesarios para poder contrarrestarlos.

Probabilidad	3	0	1	0
	2	3	3	1
	1	0	0	0
		Low	Medium	High
		Impacto		

Tabla 3. Matriz de impacto y probabilidad final. Fuente: elaboración propia.

3M	Sufrir ataque de la categoría I cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.
2H	Sufrir ataque de la categoría IV cuando la Bandera se encuentre desplazándose.
2M	Sufrir ataque de la categoría III cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.
2M	Sufrir ataque de la categoría I cuando la Bandera se encuentre desplazándose.
2M	Sufrir ataque de la categoría II cuando la Bandera se encuentre desplazándose.
2L	Sufrir ataque de la categoría II cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.
2L	Sufrir ataque de la categoría IV cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.
2L	Sufrir ataque de la categoría IV cuando la Bandera se encuentre desplazándose.

Tabla 4. Lista de riesgo final. Fuente: elaboración propia.

El principal problema va asociado a que nuestros medios de detección e identificación no garantizan una cobertura total. Este fallo se va arrastrando a lo largo de todo el ciclo Contra-UAS, en tanto a que las fases de detección e identificación son, respectivamente, las primeras.

No obstante y aun así, el sistema que contamos para la neutralización de UAV,s (Drone-Defender) sí resulta adecuado y efectivo en la gran mayoría de los casos. En este sentido, el problema va asociado al reducido número de ejemplares con los que se cuenta en ZO (solamente 2). Esto radica en la necesidad de priorizar su empleo, por lo que por lo general no se desplegará con ninguna patrulla y/o convoy.

En resumen, se puede afirmar que la Bandera se encuentra muy expuesta cuando sale fuera de la instalación que esté ocupando. Este problema radica en un error a nivel doctrinal. Dado que este es el nivel más alto e importante, así como desde el cual debe de partir todo lo demás, resulta obvio que es necesario una rápida adecuación de nuestros planteamientos teóricos a la realidad.

4.4. Identificación de medidas para resolver las vulnerabilidades de protección detectadas de unidades de tipo Bandera ante ataques UAV,s

Habiendo identificado que el principal problema es a nivel teórico, se propone una revisión completa de la doctrina actual por parte del Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), que incluya, a nivel batallón, la perspectiva Contra-UAV dentro de la DA. En este sentido, parece acertado continuar con los esfuerzos llevados a cabo por el Estado Mayor de la Defensa (EMAD), que está sacando adelante trabajos que abordan la perspectiva Contra-UAS (y Contra-UAV por

tanto) de una forma más efectiva [11]. Recuérdese que esto ya ha sido analizado y comentado con anterioridad en este trabajo (véase el apartado 4.2.1.).

Teniendo en consideración un nivel más práctico, es necesario incluir en nuestros programas de instrucción y adiestramiento jornadas dirigidas a la protección Contra-UAV. Se deben de redoblar los esfuerzos en este sentido, familiarizando a nuestro personal con esta perspectiva y automatizando procedimientos. Así, este trabajo propone la adaptación de los planteamientos sugeridos por el Departamento del Ejército de los Estados Unidos [22]. En lo que a esto respecta, las medidas más interesantes en este documento descritas son:

- La inclusión de la figura de un vigilante aéreo.
- La estandarización de un formato de mensaje para transmitir por radio.

Estas medidas se encuentran detalladas en el Anexo S. Propuesta de TTP,s

En lo que respecta a los sistemas Contra-UAV, es necesario adquirir un sistema eficaz de detección e identificación de UAV,s que no se limite solo a los fabricados por la marca DJI (como sucede con el sistema AEROSCOPE). Para ello, este trabajo considera acertados los esfuerzos llevados a cabo por parte de la DGAM sacando adelante el Proyecto Cóndor [13] [23], donde se estudia la adquisición de nuevos sistemas Contra-UAV.

5. Conclusiones

5.1. Conclusiones del Trabajo

Las conclusiones del trabajo se recogen en base a los cuatro objetivos parciales propuestos al principio del trabajo (ver apartado 2.). En este sentido:

- En zona de operaciones los UAV son unas herramientas a las que tiene acceso el enemigo y que presentan una gran amenaza a nuestras fuerzas.

Estos dispositivos ofrecen una gran variedad de posibilidades a quien los emplee, dada la gran diversidad disponible en el mercado. El hecho de que este se trate de un mercado al alza favorece además la compra-venta de estas aeronaves, cada vez más complejas y mejor equipadas.

Esto se traduce en un amplio abanico de ataques probables que pueden sufrir las unidades tipo Bandera. Pueden llegar a representar una acción tan inofensiva a priori como puede ser la propaganda o, por el contrario, pueden materializar un ataque en curso. Los ataques, que se agrupan en torno a las cuatro categorías estudiadas a lo largo del trabajo representan, no obstante, una pequeña fase dentro de todo el ciclo de planeamiento de un ataque con UAV,s (como aparece explicado en el apartado 4.1.1.2). En este sentido, para erradicar la amenaza bastaría con detener

este proceso en cualquiera de sus fases; si bien es cierto que el presente trabajo se limita al derribo de las aeronaves.

- Los métodos de protección que disponen las Unidades tipo Bandera engloban tanto las disposiciones teóricas como los procedimientos prácticos; así como el empleo de sistemas Contra-UAV propiamente dichos.

El ET cuenta con diversas publicaciones doctrinales que rigen la forma de actuar y que modelan, en definitiva, la forma de ser de todas sus unidades.

De estas publicaciones doctrinales, que son en esencia la base de todo lo demás, se han de desprender ciertos conceptos teóricos que permiten abordar la amenaza UAV desde una mejor perspectiva. En nuestro caso, tal como se explicó en el apartado 4.2.1. se trata de los conceptos de protección de la fuerza y de DA.

Una vez asentada la teoría, el siguiente hito a la hora de configurar estos métodos de protección es la estandarización de las ya citadas TTP,s. Estos procedimientos buscan la automatización de una determinada respuesta a una determinada situación, que en nuestro caso es, obviamente el ataque enemigo con medios UAV.

Para responder a estos ataques nuestras fuerzas cuentan con sistemas Contra-UAV pensados para suplir las fases primordiales del ciclo Contra-UAS; es decir, detección, identificación y neutralización.

- El análisis de las ventajas y limitaciones revela que la doctrina nacional parece estar bastante desactualizada, dado que la perspectiva UAV no es un problema que se tenga altamente en cuenta a nivel Batallón de Infantería Ligera. De aquí se deriva en consecuencia la mayoría de los problemas que podamos encontrar, en tanto a que se trata del nivel más bajo.

Tampoco existen procedimientos estandarizados que permitan la instrucción en territorio nacional en tiempo de paz. En resumidas cuentas, parece despreciarse la amenaza UAV en pos de priorizar otros aspectos en lo que a instrucción y adiestramiento se refiere, lo cual es, a la vista de los resultados obtenidos en este trabajo, un error.

Además, los medios disponibles en las unidades presentan un gran problema en lo que a detección e identificación se refiere, dado que no se cubre todo el abanico de posibles UAV's a utilizar por nuestros adversarios. Además, las imágenes obtenidas por las cámaras térmicas no son del todo adecuadas para detectar un UAV.

No obstante, nuestro sistema de neutralización (el Drone-Defender) sí que parece acertado, el problema aquí viene a ser el escaso número de ejemplares disponibles en zona de operaciones.

- En lo que a identificación de medidas para resolver las vulnerabilidades de protección detectadas, urge solucionar la problemática doctrinal. Si bien es cierto que disponer de mejores sistemas Contra-UAV supondría una mejora cualitativa de nuestro planteamiento de protección, el primer paso ha de ser solucionar el error teórico.

Las medidas que en este trabajo se identifican (explicadas en el apartado 4.4.), han de ser, no obstante, analizadas y estudiadas con más detalle. La implementación de estas puede ser materia de estudio para un futuro trabajo.

5.2. Líneas de Trabajo Futuras

Tal y como se recoge en el final del apartado anterior, este trabajo puede ser la antesala de uno o varios estudios que desarrollen algunas de las medidas identificadas para resolver las vulnerabilidades de protección detectadas. Así, en este sentido, el presente trabajo se postula como el punto de partida de futuros TFG,s de carácter doctrinal o práctico.

6. Bibliografía

- [1] Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, Fundamentos de la estrategia para el siglo XXI, 2003.
- [2] G. Colom, «Una revisión del planteamiento de la defensa por capacidades en España,» *UCM*, vol. 30, pp. 47-68, 2017.
- [3] Regimiento de Artillería Antiaérea nº71, *Jornadas C-RPAS Portátil, impartidas al personal que despliega en el Contingente A/I VII en el contexto de la operación Inherent Resolve*, Acuartelamiento "Capitán Guiloche", Madrid, 2016.
- [4] F. H. ., C. A. Carlos Calvo González-Regueral, *Perfiles IDS. De los UAV a los RPAS*, 2014, Madrid.
- [5] MADOC, PD4-101, Batallón de Infantería Ligera, Granada, 2009.
- [6] X Bandera "Millá Astray" de La Legión, *Conferencias previas al despliegue del Contingente EUTM-MALI XV*, Ronda , 2019.
- [7] K. F., Investigación del comportamiento, México, D.F.: McGraw-Hill, 1997.
- [8] M. C. B., F. H. P., L Buendía Eisman, Métodos de Investigación en Psicopedagogía, Madrid: McGraw-Hill, 1998.
- [9] Centro Universitario de la Defensa, «Gestión de Riesgos,» de *Oficina de Proyectos*, Zaragoza, 2018-2019, Tema 5.
- [10] Centro Universitario de la Defensa, «Gestión de Adquisiciones,» de *Oficina de Proyectos*, Zaragoza, 2018-2019, Tema 6.
- [11] Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos, CESEDEN, «Concepto Nacional C-UAS LSS,» Estado Mayor de la Defensa, Madrid, 2019.
- [12] Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos, «GT Tecnología - Concepto contra sistemas aéreos no tripulados (C-UAS),» CESEDEN, Madrid, 2018.

- [13] Subdirección General de Planificación Tecnología e Innovación, « Informe - Fase I Programa Cóndor,» Dirección General de Armamento y Material, Madrid, 2018.
- [14] Regimiento de Artillería Antiaérea, *Jornadas impartidas al personal que despliega en el Contingente EUTM-MALI XV en el contexto de la operación EUTM-MALI*, Acuartelamiento "Capitán Guiloche", Madrid, 2019.
- [15] «Drone-hunter,» [En línea]. Available: <http://drone-hunter.com/es/index/>. [Último acceso: 24 octubre 2019].
- [16] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Estación de armas de accionamiento remoto "MINISAMSON". Manual de Operación., Granada.
- [17] *Manejo y Explotación de la Cámara Térmica Coral CR-P*. [Película]. Mando de Adiestramiento y Doctrina.
- [18] «Infodefensa,» 18 diciembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.infodefensa.com/es/2009/11/18/noticia-el-ministerio-de-defensa-adquiere-visores-termicos-a-elbit-por-un-millon-de-euros.html>. [Último acceso: 29 octubre 2019].
- [19] Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica, «Proyecto RAPAZ y tecnologías anti-RPAS, Monografía 15,» Dirección General de Armamento y Material, 2016.
- [20] Biblioteca Virtual. (MADOC), «Sistema mini UAV RAVEN RQ-11 B».
- [21] Ejército de Tierra, «Norma Operativa. Empleo del Mini UAV Raven B en operaciones,» 2010.
- [22] Department of the Army (USA), «ATP 3-01.81, Counter-Unmanned Aircraft System Techniques,» Washington, DC, 2017.
- [23] Subdirección General de Planificación Tecnología e Innovación, «Volumen II - Fase I Programa Cóndor,» Dirección General de Armamento y Material, Madrid, 2018.

-Página intencionadamente dejada en blanco-

Anexo A. Aclaración de terminología.

- Dron:

Aeronave no Tripulada. En la práctica es una forma coloquial de referirse a los RPA.

- RPA (Remoted Piloted Aircraft, Aeronave Pilotada Remotamente):

Una aeronave que, aunque no lleva un operador humano a bordo, es volada remotamente por un piloto, es normalmente recuperable y puede llevar una carga letal o no.

- RPAS (Remoted Piloted Aircraft Systems, Sistemas de Aeronave Pilotada Remotamente):

La suma de los componentes requeridos para proporcionar la capacidad total e incluye el piloto, los operadores de sensores (si procede), aeronave pilotada remotamente, estación de control de tierra, sistemas de ayuda y apoyo asociados, enlaces de comunicaciones por satélite y enlace de datos.

- UAV (Unmanned Aerial Vehicles, Vehículos Aéreos No Tripulados):

Vehículo aéreo propulsado que no lleva personal como operador a bordo. Los vehículos aéreos no tripulados incluyen solo aquellos vehículos controlables en los tres ejes. Además, un UAV:

- Es capaz de mantenerse en vuelo por medios aerodinámicos.

- Es pilotado de forma remota o incluye un programa de vuelo automático.

- Es reutilizable

- No está clasificado como un blanco aéreo, un arma guiada o un dispositivo similar de un solo uso diseñado para el lanzamiento de armas

- UAS (Unmanned Aircraft Systems, Sistemas Aéreos No Tripulados):

Aeronave y sus elementos asociados, la cual es operada sin piloto a bordo. Comprende los elementos individuales del UAS, que incluyen el vehículo aéreo no tripulado (UAV), la estación de control y cualquier otro elemento necesario para permitir el vuelo, tales como el enlace de comunicaciones o el sistema de lanzamiento y recuperación.

Referencias en anexo.

Ver [12] del apartado 6. "Bibliografía".

Ver [4] del apartado 6. "Bibliografía".

Anexo B. Componentes de un UAS.

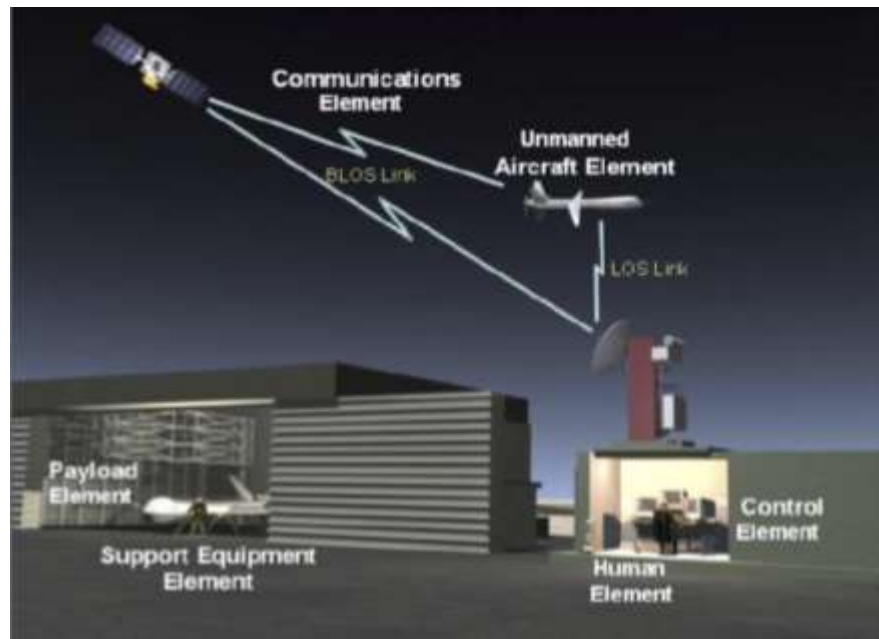


Figura 1. Componentes de un UAS. Fuente: [4]

Un UAS (Figura 1) es la conjunción de los siguientes elementos:

- Vehículo aéreo.

Es la plataforma voladora (ver Figura 2), que debe reunir las características necesarias para poder explotar las capacidades asociadas a la carga de pago que lleve.

Por carga de pago se entiende todo aquello que puede llevar acoplado la aeronave para el cumplimiento de una misión concreta. Se puede tratar de sensores, videocámaras, armamento, explosivos... Se trata en definitiva de la carga útil.



Figura 2. Ejemplo de Aeronave. Fuente: [3]

- Mando y Control

El C2 de la aeronave se realiza generalmente mediante enlaces radio.

- Ordenador de Navegación y sistema GPS

Las aeronaves incluyen controladores de vuelo (ver Figura 3) que facilitan al operador el manejo de la misma. Estos dispositivos van en el interior del armazón de la aeronave.



Figura 3. Ejemplos de Controladores de Vuelo. Fuente: [3]

Por otra parte, muchas aeronaves incluyen sistemas de posicionamiento GPS (Ver Figura 4), que facilitan ampliamente las posibilidades de vuelo.



Figura 4. Procedimiento de posicionamiento GPS. Fuente: [4]

Algunos ejemplos de modos de vuelo son:

- “Self-Leveling”: cuando el piloto suelta el mando de control a distancia, la aeronave se mantiene estable en el mismo nivel.
- “Altitude Hold”: la aeronave puede tener la habilidad de mantener una distancia predeterminada del suelo.
- “Return Home”: la aeronave vuelve automáticamente al punto desde el que fue lanzada. Para ello, el controlador debe de contar con algún botón que esté programado para tal fin. Existe la posibilidad en algunos modelos de incluso reprogramar el punto al que se quiere que la aeronave regrese, mientras está en vuelo.

- “Waypoint Navigation”: el piloto puede programar una serie de puntos en un mapa, de forma que la aeronave los irá siguiendo, como parte de un plan de vuelo.

- “Loiter Mode”: una vez encendido, la aeronave intenta automáticamente mantener la localización actual, así como la altitud y dirección. Es una especial de seguro GPS que lo mantiene inmóvil antes del despegue final.

Aquellas aeronaves que incluyen sistema GPS pueden incorporar lo que se conoce como Modos de Resguardo o “Failsafe Modes”:

- Safe Returning Home: Cuando la aeronave pierde contacto con el transmisor, por alguna razón incluyendo bajo voltaje de la batería, inicia una vuelta al punto inicial de despegue.

- Safe Landing: Cuando la aeronave pierde el contacto con el transmisor y no puede determinar la localización inicial de despegue, inicia automáticamente a descender por sí misma

- Estación de control de Tierra, del inglés *Ground Control Station* (GCS) (ver Figura 5).

Engloba todos los elementos que permiten al operador controlar la aeronave; si es que esta precisa de manejo.



Figura 5. Ejemplo de GCS. Fuente: [3]

- Equipos de Apoyo

En determinadas ocasiones los UAS incorporan elementos para facilitar el buen uso de los mismos. Estos pueden ser muy variados. Algunos ejemplos son: kit de despliegue, equipo de lanzamiento y recuperación.

Referencias en anexo.

Ver [3] del apartado 6. “Bibliografía”

Ver [4]del apartado 6. “Bibliografía”

Anexo C. Organigrama del Batallón de Infantería Ligera

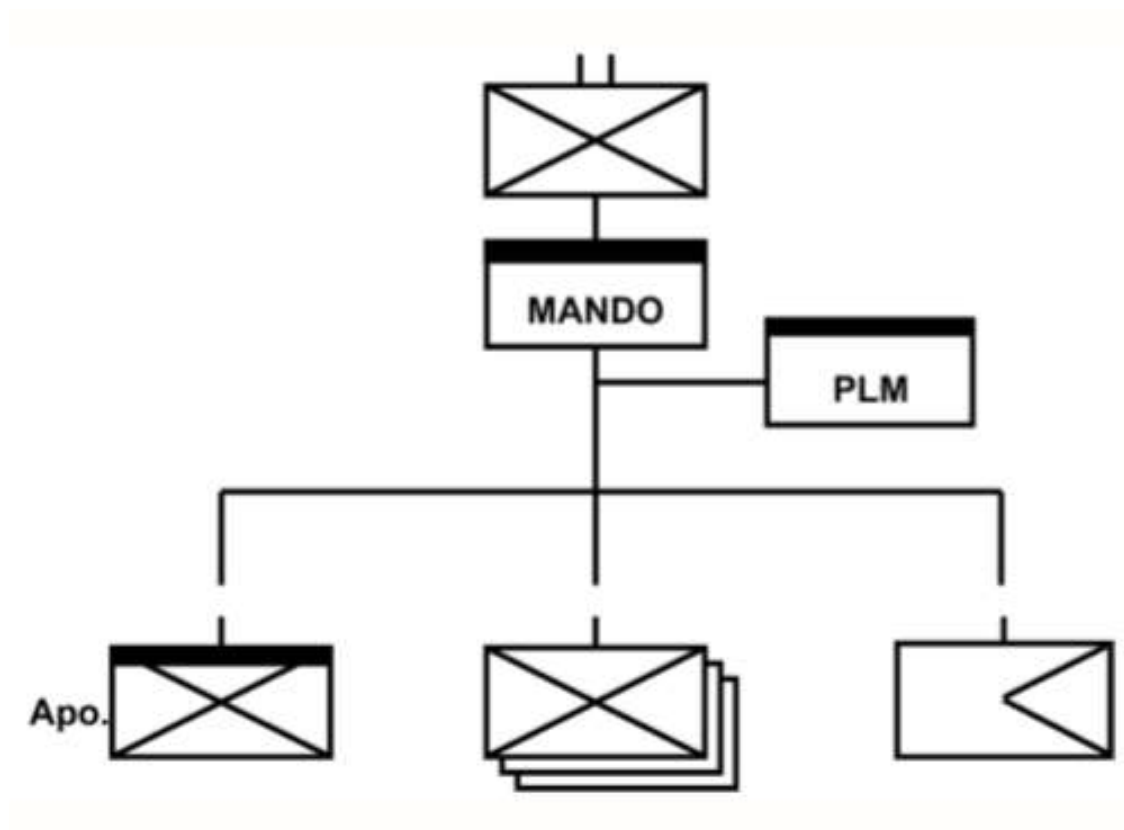


Figura 1. Organigrama del Batallón de Infantería Ligera. Fuente: [5]

- Leyenda

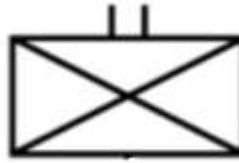


Figura 2. Símbolo convencional para "Batallón de Infantería Ligera". Fuente: [5]

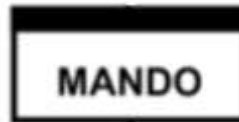


Figura 3. Símbolo convencional para "Compañía de Infantería Ligera". Fuente: [5]

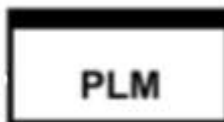


Figura 4. Símbolo convencional para "Plana Mayor de Mando". Fuente: [5]



Figura 5. Símbolo convencional para "Compañía de Mando y Apoyo". Fuente: [5]



Figura 6. Símbolo convencional para "Compañía de Infantería Ligera". Fuente: [5]

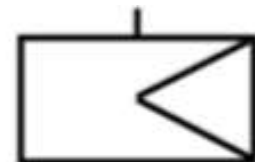


Figura 7. Símbolo convencional para "Compañía de Servicios". Fuente: [5]

Referencias en anexo.

Ver [5] del apartado 6. "Bibliografía"

Anexo D. Características del grupo focal

En el presente anexo se recogen las características del grupo focal que respondió a las preguntas de la encuesta-entrevista detallada en el Anexo E. “Modelo encuesta-entrevista”

El grupo focal lo conformaron un total de 12 expertos de la X Bandera “Millán Astray” de la Legión.

Entre estas 12 personas, se encontraban personal de la escala de tropa, de la escala de suboficiales y de la de oficiales, con la siguiente proporción (Figura 1):

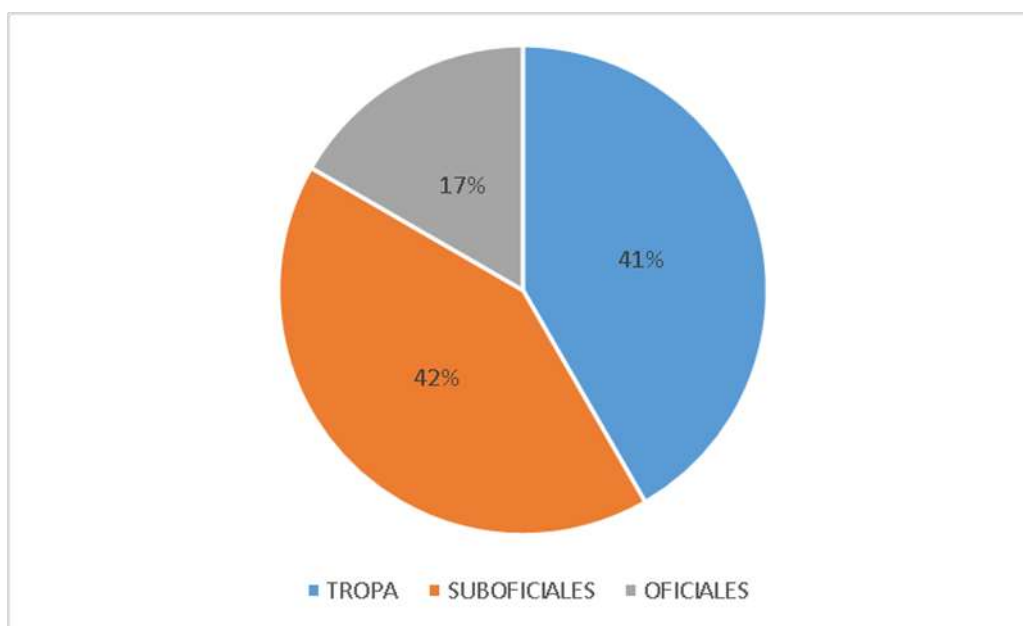


Figura 1. Distribución de los expertos en función de la escala a la que pertenecen. Fuente: elaboración propia.

A la hora de seleccionar a los expertos, se siguieron los siguientes criterios:

- Se ha recibido la formación del curso Contra-UAV Portátil, impartido a personal que participa en la misión EUTM-MALI.
- Es operador de alguno de los equipos UAV que despliegan en el contingente EUTM-MALI XV.
- Es un CUMA que forma parte de la compañía de protección que dará seguridad al contingente EUTM-MALI XV.

La proporción de personal que cumplía estos requisitos entre los 12 expertos fue la siguiente (Figura 2):

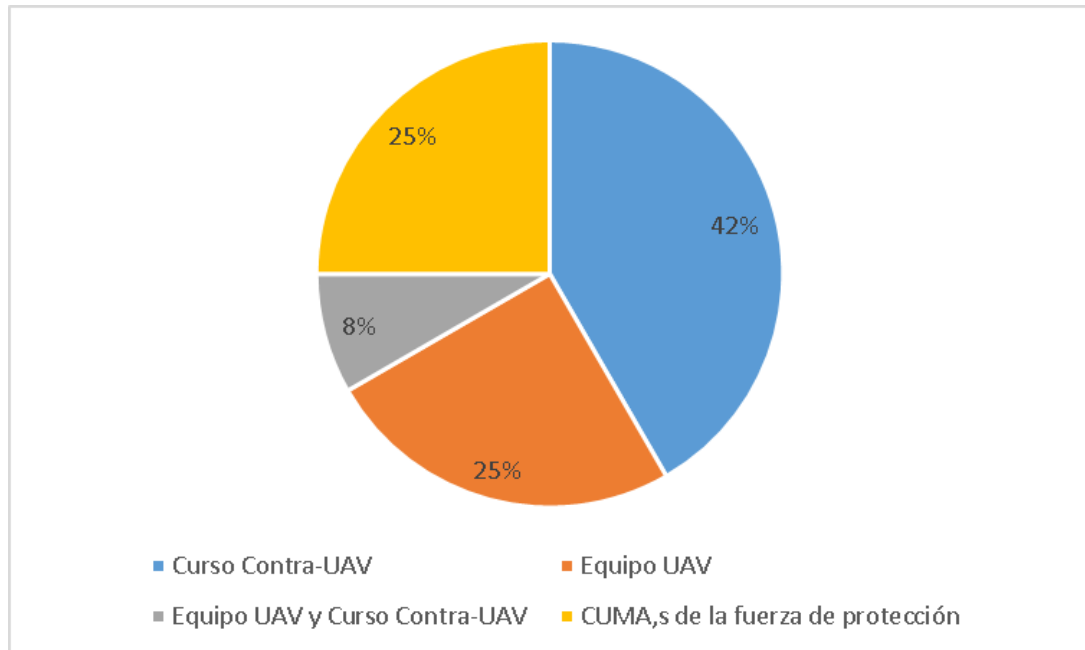


Figura 2. Distribución de los expertos según los criterios de selección. Fuente: elaboración propia.

Anexo E. Modelo de la encuesta-entrevista

La siguiente encuesta-entrevista forma parte del TFG realizado por el C.A.C. de Infantería Antonio J. Blanco Carballo, cuyo título es “Análisis de los métodos de protección contra UAV,s de unidades tipo Bandera en Zona de Operaciones (ZO)”.

La información que se recabe con sus respuestas será empleada para el desarrollo formal de dicho trabajo.

Gracias por su participación y colaboración.

Empleo:

Nombre:

• Doctrina

A continuación se le van a realizar una serie de preguntas relacionadas con la Doctrina implantada en el ET. Para cada una de ellas valore del 1 al 10 si 1=Nada/Muy Poco y 10=Completamente/Muchísimo.

1. ¿Considera usted que se conoce dentro del ET, y en especial dentro de la Bandera la amenaza que pudieran presentar los medios UAV, si se utilizasen en nuestra contra en ZO?
2. ¿Considera usted que la doctrina dentro del ET está actualizada en este tema?

• Ataques UAV,s

A continuación se le van a realizar una serie de preguntas relacionadas con la probabilidad e impacto que pueden tener los diferentes tipos de ataques que se pueden llegar a sufrir en ZO, agrupados en 4 categorías. Primero se describirán cada una de las categorías anteriores y, para cada una de ellas, se hará una distinción en función de si el ataque se realiza contra una instalación en la que la Bandera se encuentre desplegada, o en aquellas situaciones que impliquen movimiento de tropas (patrullas, convoyes...).

Para cada una de las preguntas, valore del 1 al 10 si 1=Ninguna probabilidad/ Impacto mínimo y 10=Total Probabilidad/Impacto máximo.

I. Inteligencia: Acciones destinadas a la obtención de información, o a negar a la Bandera la obtención de la misma. Algunos ejemplos son: Inteligencia, vigilancia y reconocimiento; espionaje...

3. ¿Cuál cree que es la probabilidad de que se empleen UAV,s en nuestra contra con este propósito, en aquellas situaciones en las que la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación?
4. ¿En relación con la pregunta anterior, cuál cree que es el impacto que puede tener en la Bandera?
5. ¿Cuál cree que es la probabilidad de que se empleen UAV,s en nuestra contra con este propósito, en aquellas situaciones que impliquen desplazamiento de tropas propias (patrullas, convoyes...)?
6. ¿En relación con la pregunta anterior, cuál cree que es el impacto que puede tener en la Bandera?

II. Operaciones: Acciones destinadas a favorecer o apoyar el desarrollo de una operación superior, empleando los UAV,s como capacitadores. Algunos ejemplos son: adquisición de objetivos, corrección del tiro, mensajería discreta, transporte de material, señuelo/distracción...

7. ¿Cuál cree que es la probabilidad de que se empleen UAV,s en nuestra contra con este propósito, en aquellas situaciones en las que la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación?
8. ¿En relación con la pregunta anterior, cuál cree que es el impacto que puede tener en la Bandera?
9. ¿Cuál cree que es la probabilidad de que se empleen UAV,s en nuestra contra con este propósito, en aquellas situaciones que impliquen desplazamiento de tropas propias (patrullas, convoyes...)?
10. ¿En relación con la pregunta anterior, cuál cree que es el impacto que puede tener en la Bandera?

III. Sistemas de Armas: Acciones destinadas a la consecución de algún tipo de daño, empleando el UAV como sistema de armas portátil. Algunos ejemplos son: Bombardeo Aéreo, Improvised Explosive Device (IED) aéreo, incendios premeditados, sabotaje por daño físico...

11. ¿Cuál cree que es la probabilidad de que se empleen UAV,s en nuestra contra con este propósito, en aquellas situaciones en las que la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación?

12. ¿En relación con la pregunta anterior, cuál cree que es el impacto que puede tener en la Bandera?

13. ¿Cuál cree que es la probabilidad de que se empleen UAV,s en nuestra contra con este propósito, en aquellas situaciones que impliquen desplazamiento de tropas propias (patrullas, convoyes...)?

14. ¿En relación con la pregunta anterior, cuál cree que es el impacto que puede tener en la Bandera?

IV. Operaciones de influencia: Acciones destinadas a hacer percibir en uno o varios de los actores presentes en un determinado Teatro de Operaciones (TO) (y que actúen en él directa o indirectamente), una impresión definida de la fuerza ejecutante de tal acción, o de alguna otra. En este caso las operaciones se dividen en operaciones psicológicas (tales como distribución de propaganda, evidenciar fallos de seguridad...) u operaciones que empleen el UAV como plataforma de información pública (publicidad de mensajes o símbolos).

15. ¿Cuál cree que es la probabilidad de que se empleen UAV,s en nuestra contra con este propósito, en aquellas situaciones en las que la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación?

16. ¿En relación con la pregunta anterior, cuál cree que es el impacto que puede tener en la Bandera?

17.¿Cuál cree que es la probabilidad de que se empleen UAV,s en nuestra contra con este propósito, en aquellas situaciones que impliquen desplazamiento de tropas propias (patrullas, convoyes...)?

18.¿En relación con la pregunta anterior, cuál cree que es el impacto que puede tener en la Bandera?

• **Valoración del enemigo**

19.¿Cómo valora en general la capacidad del enemigo de adquirir y/o fabricar medios UAV,s? Valore del 1 al 10 si 1=Capacidad Nula y 10=Capacidad Completa.

• **Medidas Contra-UAV**

A continuación, se le proponen varias preguntas que tratan de analizar la efectividad de la formación que se haya podido recibir, así como eficacia general de la instrucción y adiestramiento realizado. Para todas las preguntas valore del 1 al 10 si 1=Nada y 10=Mucho

20.¿Considera usted que la formación recibida en materia Contra-UAV es suficiente?

21.En relación a la pregunta anterior, ¿considera usted que la formación que han recibido sus subordinados es suficiente?

22.¿Considera usted que existen suficientes Tácticas, Técnicas y Procedimientos (TTP,s) en esta materia?

23.¿Considera usted que en territorio nacional la instrucción y adiestramiento llevada a cabo en esta materia es suficiente?

24.¿Considera usted que en los procesos de planeamiento se suele incluir la perspectiva Contra-UAV?

25.¿Considera usted que conoce los medios Contra-UAV o que pueden ser empleados para tal fin, que tiene a su disposición, o que puede tener a su disposición en ZO?

26. En relación con la pregunta anterior, valore la necesidad de disponer de los medios que se utilizan en ZO y que no se encuentran disponibles en territorio nacional, para la realización de instrucción y adiestramiento.

• **Medios Contra-UAV**

A continuación, se le van a realizar una serie de preguntas relacionadas con las prestaciones de los distintos medios Contra-UAV que se emplean en ZO. Además, se pregunta sobre aquellos medios que pueden ayudar a la detección de medios UAV,s como puede ser el subconjunto de observación de la torre del vehículo RG-31, la cámara “Coral”, o los diferentes medios UAV,s de los que dispone la Bandera.

Responda únicamente a las preguntas relacionadas con los medios que conozca o haya utilizado.

I. Sistema AEROSCOPE

27. Valore, del 1 al 10 la Velocidad de Puesta en Marcha.

28. Valore, del 1 al 10, la Autonomía.

29. Valore, del 1 al 10, el Alcance

30. Valore, del 1 al 10, la Eficacia

31. Valore, del 1 al 10, la Fiabilidad

32. En general, valore del 1 al 10 su conformidad con este medio.

II. Drone-Defender

33. Valore, del 1 al 10 la Velocidad de Puesta en Marcha.

34. Valore, del 1 al 10, la Autonomía.

35. Valore, del 1 al 10, el Alcance

36. Valore, del 1 al 10, la Eficacia

37. Valore, del 1 al 10, la Fiabilidad

38. En general, valore del 1 al 10 su conformidad con este medio.

III. Subconjunto de observación de la torre del vehículo RG-31

39. Valore, del 1 al 10 la Velocidad de Puesta en Marcha.

40. Valore, del 1 al 10, la Autonomía.

41. Valore, del 1 al 10, el Alcance

42. Valore, del 1 al 10, la Eficacia

43. Valore, del 1 al 10, la Fiabilidad

44. En general, valore del 1 al 10 su conformidad con este medio.

IV. Cámara Coral

45. Valore, del 1 al 10 la Velocidad de Puesta en Marcha.

46. Valore, del 1 al 10, la Autonomía.

47. Valore, del 1 al 10, el Alcance

48. Valore, del 1 al 10, la Eficacia

49. Valore, del 1 al 10, la Fiabilidad

50. En general, valore del 1 al 10 su conformidad con este medio.

V. Black-Hornet

51. Valore, del 1 al 10 la Velocidad de Puesta en Marcha.

52. Valore, del 1 al 10, la Autonomía.

53. Valore, del 1 al 10, el Alcance

54. Valore, del 1 al 10, la Eficacia

55. Valore, del 1 al 10, la Fiabilidad

56. En general, valore del 1 al 10 su conformidad con este medio.

VI. RAVEN RQ-11 B

57. Valore, del 1 al 10 la Velocidad de Puesta en Marcha.

58. Valore, del 1 al 10, la Autonomía.

59. Valore, del 1 al 10, el Alcance

60. Valore, del 1 al 10, la Eficacia

61. Valore, del 1 al 10, la Fiabilidad

62. En general, valore del 1 al 10 su conformidad con este medio.

• **Valoración General**

En relación con las preguntas realizadas anteriormente:

63. Valore del 1 al 10 su satisfacción general con los medios que posibiliten la detección de UAV,s

64. Valore del 1 al 10 su satisfacción general con los medios que posibiliten la identificación de UAV,s

65. Valore del 1 al 10 su satisfacción general con los medios que posibiliten la neutralización de UAV,s.

A continuación se le van a formular una serie de preguntas abiertas, que pretenden ahondar más en algunos de los aspectos de la encuesta anterior.

• **Ataques UAV,s**

Describa brevemente, atendiendo a las 4 categorías que recogen los diferentes tipos de ataques, mencionadas anteriormente, cuáles son en su opinión los riesgos reales a los que se enfrenta la Bandera. Es decir, se trata de identificar los problemas que se pueden derivar del empleo de medios UAV por parte del enemigo:

• **Medios Contra-UAV**

Se le van a realizar preguntas relacionadas con los medios Contra-UAV que ha valorado anteriormente.

Responda únicamente a las preguntas relacionadas con los medios que conozca o haya utilizado.

I. Sistema AEROSCOPE

¿Cuáles son las ventajas que presenta la utilización de este medio?

¿Cuáles son las limitaciones que presenta la utilización de este medio?

II. Drone-Defender

¿Cuáles son las ventajas que presenta la utilización de este medio?

¿Cuáles son las limitaciones que presenta la utilización de este medio?

III. Subconjunto de observación de la torre del vehículo RG-31

¿Cuáles son las ventajas que presenta la utilización de este medio?

¿Cuáles son las limitaciones que presenta la utilización de este medio?

IV. Cámara Coral

¿Cuáles son las ventajas que presenta la utilización de este medio?

¿Cuáles son las limitaciones que presenta la utilización de este medio?

V. BlackHornet

¿Cuáles son las ventajas que presenta la utilización de este medio?

¿Cuáles son las limitaciones que presenta la utilización de este medio?

VI. RAVEN RQ-11 B”

¿Cuáles son las ventajas que presenta la utilización de este medio?

¿Cuáles son las limitaciones que presenta la utilización de este medio?

Teniendo en cuenta todo lo respondido anteriormente:

¿Considera usted que con los medios disponibles se cubren los riesgos potenciales que puede sufrir la Bandera, incluyendo aquellos que haya podido describir al final del apartado “Ataques UAV,s? ¿Por qué?

- **Valoración General**

En relación con la totalidad de las preguntas realizadas en esta encuesta, describa, si procede, alguna propuesta de mejora en cualquiera de los aspectos que recoge:

Anexo F. Respuestas de la encuesta-entrevista

En este Anexo se recogen las respuestas a la encuesta-entrevista descrita en el Anexo E. Concretamente se presentan los resultados de carácter cuantitativo, recogidos a lo largo de las 65 preguntas formuladas en la primera parte.

Las respuestas a las preguntas abiertas se recogen de forma resumida a lo largo de la memoria del trabajo.

• Doctrina

N° de Pregunta	DOCTRINA	
	1	2
ID1	3	4
ID2	8	4
ID3	6	6
ID4	4	2
ID5	9	5
ID6	2	8
ID7	3	5
ID8	2	4
ID9	6	4
ID10	9	2
ID11	7	5
ID12	7	3
Media	5,5	4,33333333

Tabla 1. Respuestas a las preguntas relacionadas con la doctrina. Fuente: elaboración propia

• Ataques UAV,s

N° de Pregunta	ATAQUE TIPO I			
	3 (Probabilidad)	4 (Impacto)	5 (Probabilidad)	6 (Impacto)
ID1	8	7	8	6
ID2	8	7	6	6
ID3	5	9	6	9
ID4	6	6	1	1
ID5	3	3	8	6
ID6	7	7	3	4
ID7	8	5	8	8
ID8	8	6	6	4
ID9	4	3	7	5
ID10	9	7	9	8
ID11	9	7	6	4
ID12	8	7	5	4
Media	6,916666667	6,166666667	6,083333333	5,416666667

Tabla 2. Respuestas a las preguntas relacionadas con los ataques UAV,s (I). Fuente: elaboración propia.

N° de Pregunta	ATAQUE TIPO II			
	7 (Probabilidad)	8 (Impacto)	9 (Probabilidad)	10 (Impacto)
ID1	2	6	1	7
ID2	1	6	6	8
ID3	5	8	7	8
ID4	6	2	1	1
ID5	8	5	6	4
ID6	7	7	3	4
ID7	8	8	6	6
ID8	8	7	6	4
ID9	8	6	6	5
ID10	7	5	8	7
ID11	7	5	6	4
ID12	7	6	8	8
Media	6,166666667	5,916666667	5,333333333	5,5

Tabla 3. Respuestas a las preguntas relacionadas con los ataques UAV,s (II). Fuente: elaboración propia.

N° de Pregunta	ATAQUE TIPO III			
	11 (Probabilidad)	12 (Impacto)	13 (Probabilidad)	14 (Impacto)
ID1	3	8	6	9
ID2	6	6	5	8
ID3	7	9	6	9
ID4	1	1	1	1
ID5	6	7	9	7
ID6	2	10	2	8
ID7	3	8	6	6
ID8	6	6	5	8
ID9	7	6	7	7
ID10	9	8	8	8
ID11	6	3	5	3
ID12	2	5	5	2
Media	4,833333333	6,416666667	5,416666667	6,333333333

Tabla 4. Respuestas a las preguntas relacionadas con los ataques UAV,s (III). Fuente: elaboración propia.

N° de Pregunta	ATAQUE TIPO IV			
	15 (Probabilidad)	16 (Impacto)	17 (Probabilidad)	18 (Impacto)
ID1	1	5	3	8
ID2	1	1	1	1
ID3	8	8	7	8
ID4	5	5	5	1
ID5	4	3	6	5
ID6	5	3	3	3
ID7	1	1	1	1
ID8	4	6	7	5
ID9	4	2	6	4
ID10	8	8	8	8
ID11	4	1	2	0
ID12	5	5	5	4
Media	4,166666667	4	4,5	4

Tabla 5. Respuestas a las preguntas relacionadas con los ataques UAV,s (IV). Fuente: elaboración propia.

• Valoración del enemigo

	VALORACIÓN ENEMIGO
Nº de Pregunta	19
ID1	7
ID2	7
ID3	10
ID4	6
ID5	9
ID6	10
ID7	8
ID8	6
ID9	7
ID10	9
ID11	10
ID12	7
Media	8

Tabla 6. Respuestas a la pregunta relacionada con la valoración del enemigo. Fuente: elaboración propia.

• Medidas Contra-UAV

	MEDIDAS CONTRA-UAV						
Nº de Pregunta	20	21	22	23	24	25	26
ID1	3	2	3	2	2	2	2
ID2	3	3	3	5	8	6	8
ID3	5	2	5	7	8	8	6
ID4	7	2	4	2	4	5	4
ID5	9	7	1	1	5	8	9
ID6	5	2	3	2	3	9	10
ID7	8	6	1	1	4	3	9
ID8	1	1	1	2	3	2	8
ID9	9	8	2	2	4	9	9
ID10	4	1	2	2	2	7	10
ID11	0	0	0	0	5	3	10
ID12	3	2	4	3	5	7	8
Media	4,75	3	2,41666667	2,41666667	4,41666667	5,75	7,75

Tabla 7. Respuestas a las preguntas relacionadas con las medidas Contra-UAV. Fuente: elaboración propia.

• Medios Contra-UAV

Nº de Pregunta	SISTEMA AEROSCOPE					
	33 (Velocidad de Puesta en Marcha)	34 (Autonomía)	35 (Alcance)	36 (Eficacia)	37 (Fiabilidad)	38 (Conformidad)
ID1	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID2	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID3	5	7	8	7	8	4
ID4	6	4	8	8	8	8
ID5	9	10	9	6	9	7
ID6	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID7	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID8	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID9	9	10	8	7	8	8
ID10	8	9	2	2	4	4
ID11	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID12	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
Media	7,4	8	7	6	7,4	6,2

Tabla 8. Respuestas a las preguntas relacionadas con el sistema AEROSCOPE. Fuente: elaboración propia.

Nº de Pregunta	DRONE-DEFENDER					
	27 (Velocidad de Puesta en Marcha)	28 (Autonomía)	29 (Alcance)	30 (Eficacia)	31 (Fiabilidad)	32 (Conformidad)
ID1	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID2	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID3	9	6	8	9	7	9
ID4	8	8	6	8	8	8
ID5	8	9	4	9	8	8
ID6	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID7	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID8	4	4	5	8	8	7
ID9	9	8	5	8	8	9
ID10	7	10	3	7	8	7
ID11	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID12	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
Media	7,5	7,5	5,16666667	8,16666667	7,83333333	8

Tabla 9. Respuestas a las preguntas relacionadas con el sistema Drone-Defender. Fuente: elaboración propia.

SUBCONJUNTO DE OBSERVACIÓN DE LA TORRE DEL VEHÍCULO RG-31						
Nº de Pregunta	39 (Velocidad de Puesta en Marcha)	40 (Autonomía)	41 (Alcance)	42 (Eficacia)	43 (Fiabilidad)	44 (Conformidad)
ID1	8	9	7	9	9	9
ID2	7	10	8	9	9	9
ID3	8	10	10	10	10	10
ID4	7	8	8	8	8	8
ID5	7	8	8	7	8	8
ID6	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID7	6	10	9	5	5	5
ID8	8	8	7	8	8	8
ID9	7	8	9	8	7	7
ID10	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID11	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID12	7	6	9	10	8	9
Media	7,22222222	8,55555556	8,33333333	8,22222222	8	8,11111111

Tabla 10. Respuestas a las preguntas relacionadas con el subconjunto de observación de la torre del vehículo RG-31. Fuente: elaboración propia.

CÁMARA CORAL						
Nº de Pregunta	45 (Velocidad de Puesta en Marcha)	46 (Autonomía)	47 (Alcance)	48 (Eficacia)	49 (Fiabilidad)	50 (Conformidad)
ID1	5	7	6	6	8	7
ID2	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID3	8	8	7	9	9	8
ID4	7	7	6	7	7	7
ID5	5	5	8	9	9	8
ID6	10	10	10	10	10	10
ID7	5	3	8	5	7	4
ID8	5	6	8	8	7	7
ID9	6	6	7	9	10	8
ID10	3	3	4	4	7	3
ID11	1	1	7	5	5	6
ID12	6	7	8	9	9	8
Media	5,54545455	5,72727273	7,18181818	7,36363636	8	6,90909090

Tabla 11. Respuestas a las preguntas relacionadas con la cámara CORAL. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE PROTECCIÓN DE UNIDAD TIPO BANDERA FRENTE UAV's
(Unmanned Aerial Vehicles) EN ZONA DE OPERACIONES

N° de Pregunta	BLACKHORNET					
	51 (Velocidad de Puesta en Marcha)	52 (Autonomía)	53 (Alcance)	54 (Eficacia)	55 (Fiabilidad)	56 (Conformidad)
ID1	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID2	8	6	7	7	8	7
ID3	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID4	8	6	6	6	6	6
ID5	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID6	10	10	10	7	7	7
ID7	7	5	7	8	8	8
ID8	9	4	5	8	8	8
ID9	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID10	6	2	3	3	8	9
ID11	9	6	6	5	5	7
ID12	9	1	1	4	5	3
Media	8,25	5	5,625	6	6,875	6,875

Tabla 12. Respuestas a las preguntas relacionadas con el sistema BlackHornet. Fuente: elaboración propia.

N° de Pregunta	RAVEN RQ-11 B					
	57 (Velocidad de Puesta en Marcha)	58 (Autonomía)	59 (Alcance)	60 (Eficacia)	61 (Fiabilidad)	62 (Conformidad)
ID1	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID2	7	8	9	9	8	8
ID3	8	9	9	9	9	9
ID4	8	8	8	8	8	8
ID5	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID6	10	10	10	10	10	10
ID7	8	8	7	8	6	8
ID8	8	7	9	9	9	9
ID9	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID10	6	7	10	10	10	9
ID11	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
ID12	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
Media	7,85714286	8,14285714	8,85714286	9	8,57142857	8,714285714

Tabla 13. Respuestas a las preguntas relacionadas con el sistema Raven RQ-11 B. Fuente: elaboración propia.

• Valoración General

Nº de Pregunta	VALORACIÓN GENERAL		
	63	64	65
ID1	7	4	3
ID2	2	2	2
ID3	6	6	9
ID4	8	8	8
ID5	7	6	7
ID6	5	5	NS/NC
ID7	6	6	6
ID8	4	4	4
ID9	8	8	7
ID10	3	3	5
ID11	5	5	1
ID12	7	6	5
Media	5,66666667	5,25	5,18181818

Tabla 14. Respuestas a las preguntas relacionadas con la valoración general de nuestros medios. Fuente: elaboración propia.

Anexo G. Características generales de los UAS LSS

- Gran movilidad mediante el uso del espacio aéreo.
- Amplio mercado, bajo coste y facilidad de manejo.
- Posibilidad de estabilización giroscópica.
- Rápida evolución tecnológica.
- Limitada capacidad de carga, pudiendo llevar diferentes cargas de pago.
- Sistemas fácilmente manipulables para su empleo como artefacto armamentístico

improvisado (del inglés, *Improvised Weapon Device*)

- Los UAS LSS son armas tácticas que puede tener efectos estratégicos.
- Más afectados por condiciones meteorológicas adversas.
- Superficie equivalente radar muy pequeña.
- Firma infrarroja muy reducida.
- Baja firma acústica.
- Tiempo de vuelo reducido.
- Radio de acción limitado.
- Navegación controlada por un operador o de forma autónoma.
- Empleo de señal de navegación de un sistema global de navegación satelital, radiofrecuencia, así como posibilidad de navegación autónoma.
- Posibilidad de incorporar sistemas de seguimiento de vehículos e incluso de personas.
- GCS portátiles y de dimensiones reducidas.
- Posibilidad de control simultáneo de varios UAV con una misma GCS.

Referencias en anexo.

Ver [12] del apartado 6. “Bibliografía”.

Anexo H. Clasificación OTAN de los UAV,s

CLASIFICACIÓN UAV OTAN				
Clase (MTOW)	Categoría	Empleo	Altitud de operación AGL	Radio de Misión
CLASE I ≤ 150 Kg	MICRO < 2 Kg	Táctico, (Sección)	Hasta 200 pies	5 Km (LOS)
	MINI 2-20 Kg	Táctico (Compañía)	Hasta 1.000 pies	25 Km (LOS)
	LIGEROS > 20 Kg	Táctico (Batallón)	Hasta 1.200 pies	50 Km (LOS)
CLASE II ≤ 600 Kg	TÁCTICO	Táctico (Brigada)	Hasta 10.000 pies	200 Km (LOS)
CLASE III > 600 Kg	MALE (Medium Altitude Long Endurance)	Operacional	Hasta 45.000 pies	Sin Límite (BLOS)
	HALE (High Altitude Long Endurance)	Estratégico	Hasta 65.000 pies	Sin Límite (BLOS)
	Combate	Estratégico	Hasta 65.000 pies	Sin límite (BLOS)

Figura 1. Clasificación OTAN de los UAV,s. Fuente: [4]

Referencias en anexo.

Ver [4] del apartado 6. “Bibliografía”

Anexo I. Tipos de UAV comerciales. Ventajas y desventajas

Los UAV comerciales se diferencian en base al tipo de sustentación en:

- UAV,s de Ala Fija. (Figura 1)



*Figura 1. Ejemplo de UAV de Ala Fija. Modelo "PARROT DISCO".
Fuente: [3]*

- UAV,s de Ala Rotatoria. (Figura 2)



*Figura 2. Ejemplo de UAV de Ala Rotatoria. Modelo Alpha Unmanned Systems "Commando".
Fuente: [4]*

- UAV,s Multirotores o Multicópteros. (Figura 3)



*Figura 3. Ejemplo de UAV Multirotor o Multicóptero. Modelo DJI "Inspire".
Fuente: [3]*

Cada uno de estos tipos de UAV,s engloba a una gran variedad de tipos distintos. No obstante, es cierto que a grandes rasgos se pueden apreciar una serie de ventajas y desventajas, recogidas en la Tabla 1.

PLATAFORMA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
ALA FIJA	MAYOR AUTONOMÍA MAYOR VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO	VUELO ESTACIONARIO IMPOSIBLE LENTA VELOCIDAD DE CAMBIO DE RUMBO
ALA ROTATORIA	LIBERTAD DE MOVIMIENTO EN LOS TRES EJES VUELO ESTACIONARIO	MENOR AUTONOMÍA MAYOR COMPLEJIDAD MECÁNICA MANTENIMIENTO MÁS CARO Y COMPLICADO MAYOR PROBABILIDAD DE AVERÍA
MULTIRROTORES	MAYOR SENCILLEZ MECÁNICA RESPECTO AL HELICÓPTERO MAYOR ESTABILIDAD VUELO ESTACIONARIO	MAYOR COMPLEJIDAD MECÁNICA RESPECTO A AERONAVES DE ALA FIJA MENOR AUTONOMÍA CON RESPECTO A AERONAVES DE ALA FIJA

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de UAV,s comerciales. Fuente: elaboración propia en base a las conclusiones extraídas de [3].

Referencias en anexo.

Ver [3] del apartado 6. “Bibliografía”.

Ver [4]del apartado 6. “Bibliografía”.

Anexo J. Análisis de riesgos

ID	Descripción riesgo	Causa del riesgo	Impacto (bajo, medio, alto)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida	Clase riesgo tras implementar medida
1	Sufrir ataque de la categoría I cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.	UAS LSS equipado con videocámaras	H	3	3H	Obtención de información crítica por parte del enemigo	Empleo de las medidas Contra-UAV disponibles por parte de la Bandera en ZO	3M
2	Sufrir ataque de la categoría I cuando la Bandera se encuentre desplazándose.	UAS LSS equipado con videocámaras	M	2	2M	Obtención de información crítica por parte del enemigo	Empleo de las medidas Contra-UAV disponibles por parte de la Bandera en ZO	2M
3	Sufrir ataque de la categoría II cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.	UAS LSS. Su carga de pago puede ser muy variada	M	2	2M	Efectos muy variados. Depende de la operación que el enemigo esté llevando a cabo. En cualquier caso, consecución de sus	Empleo de las medidas Contra-UAV disponibles por parte de la Bandera en ZO	2L
4	Sufrir ataque de la categoría II cuando la Bandera se encuentre desplazándose.	UAS LSS. Su carga de pago puede ser muy variada	M	2	2M	Efectos muy variados. Depende de la operación que el enemigo esté llevando a cabo. En cualquier caso, consecución de sus	Empleo de las medidas Contra-UAV disponibles por parte de la Bandera en ZO	2M
5	Sufrir ataque de la categoría III cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.	UAS LSS equipado con armamento o explosivos	H	2	2H	Sufrimiento de daños físicos potencialmente críticos por parte de la Bandera	Empleo de las medidas Contra-UAV disponibles por parte de la Bandera en ZO	2M
6	Sufrir ataque de la categoría III cuando la Bandera se encuentre desplazándose.	UAS LSS equipado con armamento o explosivos	H	2	2H	Sufrimiento de daños físicos potencialmente críticos por parte de la Bandera	Empleo de las medidas Contra-UAV disponibles por parte de la Bandera en ZO	2H
7	Sufrir ataque de la categoría IV cuando la Bandera se encuentre desplegada en alguna instalación.	UAS LSS. Su carga de pago puede ser muy variada	L	2	2L	Pérdida de legitimidad en general por parte del contingente español	Empleo de las medidas Contra-UAV disponibles por parte de la Bandera en ZO	2L
8	Sufrir ataque de la categoría IV cuando la Bandera se encuentre desplazándose.	UAS LSS. Su carga de pago puede ser muy variada	L	2	2L	Pérdida de legitimidad en general por parte del contingente español	Empleo de las medidas Contra-UAV disponibles por parte de la Bandera en ZO	2L

Tabla 1. Análisis de riesgos. Fuente: elaboración propia.

Anexo K. Escenarios, entornos y tipos de protección

De acuerdo con el Concepto de Empleo de las Fuerzas Armadas, se establecen tres escenarios generales donde las FAS deberán desarrollar su labor:

- Seguridad del territorio nacional, en el que las FAS actúan fundamentalmente mediante la disuasión, la prevención y la vigilancia permanente de sus espacios de soberanía, y llegado el caso, con su defensa militar.
- Seguridad exterior, derivado de nuestros compromisos en el contexto multinacional, multilateral o bilateral y de la protección de los intereses de España en el exterior.
- Seguridad nacional ampliada, en el que las FAS proporcionan bien una respuesta específica, o bien contribuyen a una respuesta general como parte de la Acción del Estado.

Por otra parte, dentro de cada uno de estos escenarios se distinguen dos entornos diferentes: abiertos y urbanos. Los entornos urbanos presentan dificultades añadidas para la detección, seguimiento, identificación y neutralización de UAS LSS, así como una serie de implicaciones para tener en cuenta:

- Eventos de afluencia masiva de ciudadanos (conciertos, manifestaciones, competiciones deportivas, etc.).
- Proximidad de zonas de vuelo de otras aeronaves (aeropuertos y helipuertos).
- Áreas de seguridad especial (infraestructuras críticas, edificios gubernamentales, etc.)
- Nodos estratégicos de telecomunicaciones.
- Áreas de alta densidad electromagnética.

Asimismo, es preciso diferenciar tres tipos de protección a la hora de proporcionar defensa C-UAS LSS a un objetivo determinado, que a la vez están relacionadas con los tres escenarios generales de actuación (seguridad del territorio nacional, seguridad exterior y seguridad nacional ampliada) y los dos entornos (abierto y urbano):

- Protección permanente de un objetivo estático, como bases militares (terrestres, navales y aéreas), aeropuertos, infraestructuras críticas (centrales nucleares, centros de comunicaciones, etc.), instalaciones de interés (edificios gubernamentales, etc.).
- Protección temporal de un objetivo estático, como eventos de alta visibilidad, competiciones deportivas, conciertos, cumbres políticas, etc.
- Protección temporal de un objetivo móvil, como un convoy militar, vehículos de personalidades, movimientos de tropas, etc.

Referencias en anexo.

Ver [12] del apartado 6. “Bibliografía”.

Anexo L. Efectos de la inhibición en UAV,s comerciales

	PERTURBACIÓN DE LA SEÑAL DE CONTROL	PERTURBACIÓN DE LA SEÑAL GPS	PERTURBACIÓN DE LA SEÑAL DE CONTROL Y GPS
UAV,s DE ALA FIJA	Mantienen la última posición de los controles seleccionada	No pueden realizar navegación ya que no se pueden posicionar	El piloto no tiene control y no pueden realizar navegación ya que no se pueden posicionar. Se precipitan al suelo sin control
	Vuelven a la posición de reposo		
	Si no tienen control GPS se precipitan al suelo sin control		
UAV,s DE ALA ROTATORIA	Vuelven a la posición de reposo	No pueden realizar navegación ya que no se pueden posicionar	El piloto no tiene control y no pueden realizar navegación ya que no se pueden posicionar. Se precipitan al suelo sin control
	Si no tienen control GPS se precipitan al suelo sin control		
UAV,s MULTIRROTORES O MULTICÓPTEROS	El comportamiento de la aeronave depende de la programación del operador	No pueden realizar navegación ya que no se pueden posicionar, aterrizan de forma controlada, pero el viento les puede hacer derivar hacia cualquier posición.	No pueden realizar navegación ya que no se pueden posicionar, aterrizan de forma controlada, pero el viento les puede hacer derivar hacia cualquier posición.
	Pueden volver a la posición de donde despegó (return to home)		
	Pueden quedarse haciendo vuelo estacionario estabilizado (hovering)		
	Pueden Aterrizar en la vertical		

Tabla 1. Efectos de la inhibición en UAV,s comerciales. Fuente: elaboración propia a partir de las conclusiones extraídas de [14].

Anexo M. Características del sistema AEROSCOPE

El AEROSCOPE es una maleta de detección de UAV,s. Se presenta como un sistema ligero, portable por un solo individuo, operado de forma intuitiva y efectivo contra UAV,s comerciales de Clase-I de la marca DJI únicamente (alrededor del 85 % del mercado actual).

Concretamente, los UAV,s que puede detectar son:

- Serie DJI Phantom 3 en adelante.
- Serie DJI Inspire. □
- Serie DJI Mavic.
- Serie DJI Spark.

- Componentes.

I. Cuerpo Principal (Figura 1)

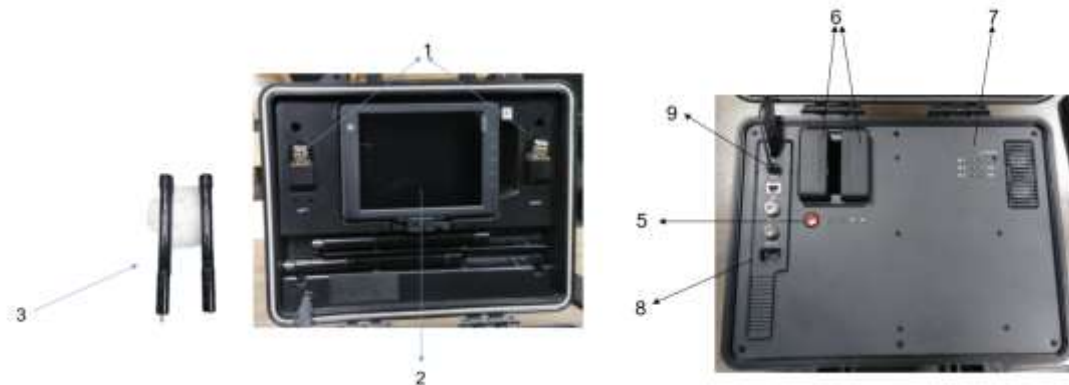


Figura 1. Partes del Cuerpo Principal del Sistema AEROSCOPE. Fuente: [14]

1. Conector antenas de detección.
2. Tablet/Pantalla de información de detección.
3. Antenas de detección
5. Botón de ON/OFF.
6. Baterías e Indicador de estado de las baterías
7. Indicadores de funcionamiento del sistema.
8. Conexión alimentación Vca externa.
9. Conexión USB pantalla información detección.

II. Batería (Figura 2)

El modelo de batería utilizado es DJI Part 002 TB50 Intelligent Flight Battery.



Figura 2. Batería utilizada por el Sistema AEROSCOPE. Fuente : [14]

- Características y prestaciones.
 - Peso: 8,5 kg
 - Dimensiones del sistema (mm) Largo x Ancho x Fondo: 405 x 327 x 175
 - Autonomía: 2 horas
 - Alcance efectivo del sistema: 2,5 Km. (línea de vista) 360°
 - Funcionamiento al aire libre o en aula con reducción de alcance. □
 - Temperatura de funcionamiento (-20° y 40°C).
 - Sistema no rugerizado.

- Información ofrecida en pantalla. (Figura 3)

Este sistema es capaz de ofrecer muchos datos de los UAV,s que detecta. Concretamente, los siguientes:

Aircraft Type	Serial Number
Phantom 4 Pro	07JDDCW00101P
Altitude	Height
1051.0	3.9
Latitude	Longitude
39.532214	-4.328954
Pilot Latitude	Pilot Longitude
39.532174	-4.329080
Home Latitude	Home Longitude
39.532088	-4.328914
Distance	Pilot Distance
119.02 km	119.03 km
Home Distance	Update Count
119.03 km	1008
Aircraft HS	Aircraft VS
1	0.03
UUID	Identification
N/A	N/A
Update Time	
2018-12-08 16:56:01	
Flight Information	
N/A	

Figura 3. Ejemplo de información en pantalla ofrecida por el Sistema AEROSCOPE. Fuente : [14]

- *Aircraft Type*: Indica el modelo de UAV DJI
- *Serial Number*: Número de serie fábrica del UAV.
- *Altitude*: Altura (metros) del UAV respecto al mar.
- *Height*: Altura (metros) del UAV respecto al punto de despegue.
- *Latitude*: Coordenadas geográficas WGS 84 del UAV.
- *Longitude*: Coordenadas geográficas WGS 84 del UAV.
- *Pilot Latitude*: Coordenadas geográficas WGS 84 del piloto.
- *Pilot Longitude*: Coordenadas geográficas WGS 84 del piloto.
- *Home Latitude*: Coordenadas geográficas WGS 84 del punto de despegue del UAV.
- *Home Longitude*: Coordenadas geográficas WGS 84 del punto de despegue del UAV.
- *Distance*: Distancia del UAV al AEROSCOPE.
- *Pilot Distance*: Distancia del piloto al AEROSCOPE.
- *Home Distance*: Distancia del punto de despegue del UAV al AEROSCOPE.
- *Update Count*: Número de trazas detectadas por el AEROSCOPE.
- *Aircraft HS*: Velocidad horizontal del UAV.
- *Aircraft VS*: Velocidad vertical (ascenso) del UAV.
- *UUID*: Número de identificación de la estación de control UAV (puede deshabilitarlo el piloto).
- *Identification*: Texto libre que pone el piloto del UAV.
- *Update Time*: Fecha y hora de la detección.
- *Flight Information*: Texto libre que pone el piloto del UAV.

Referencias en anexo.

Ver [14] del apartado 6. “Bibliografía”

Anexo N. Características del sistema Drone-Defender

El Drone-Defender es un sistema de neutralización de UAV,s compuesto por un cuerpo tipo rifle, tres antenas de transmisión y una mochila con la electrónica y baterías. El cuerpo tipo rifle es a su vez el interfaz primario del usuario, incluyendo los gatillos.

Se trata de un sistema contra-UAV ligero, portable por un solo individuo, operado de forma intuitiva y efectivo contra UAV,s comerciales de Clase-I. Las frecuencias de operación del sistema se encuentran en el rango de los sistemas comerciales (433 Mhz a 6 GHz).

- Componentes.

I. Cuerpo tipo Rifle (Figura 1)

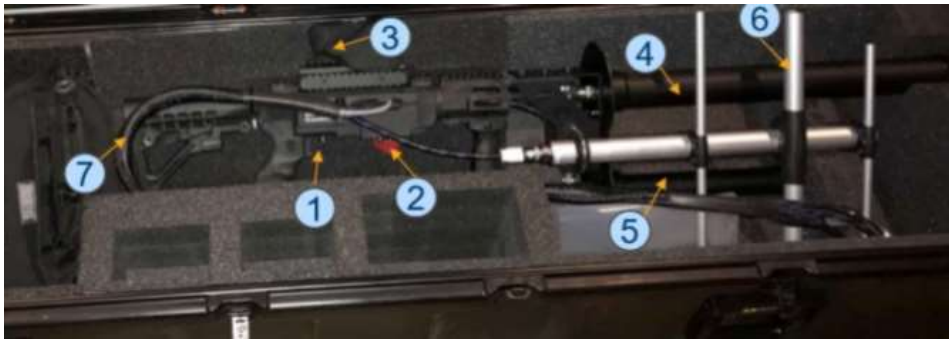


Figura 1. Partes del Cuerpo tipo Rifle del Sistema Drone-Defende. Fuente: [3]

1. Disparador de inhibición C2
2. Disparador inhibición navegación por satélite.
3. Visor (sin aumentos)
4. Antena 1
5. Antena 2
6. Antena 3
7. Umbilical

II. Electrónica y Baterías (Figuras 2 y 3)

Los componentes electrónicos que hacen funcionar el sistema son los siguientes:



Figura 2.. Componentes electrónicos del Sistema Drone-Defender (i). Fuente : [3]

1. Conector cable antenna 2.4 GHz (Tipo N hembra).
2. Conector cable antenna 5,8 GHz (Tipo N hembra).
3. Conector cable de control.
4. Conector cable batería.



Figura 3. Componentes electrónicos del Sistema Drone-Defender (ii). Fuente : [3]

5. Conector cable de control.
6. Conector cable batería.
7. Conector cable 433 MHz.

El tipo de batería es el estándar BB2590/U (ver Figura 4).



Figura 4.. Batería BB2590/U, usada por el Sistema Drone-Defender. Fuente : [3]

III. Mochila de Transporte (Figura 5)



*Figura 5. Mochila de Transporte del Sistema Drone-Defender.
Fuente [3]*

1. Compartimento de electrónica.

2. Compartimento batería.

3. Enchufe BB-2590.

4. Cable Umbilical.

- Características y prestaciones.

- Peso: 7 kg

- Autonomía: 2 horas de uso continuado realizando inhibición. (El hardware no consume batería cuando los disparadores no están activados).

- Velocidad de puesta en marcha: <0.5 s.

- Alcance: 400 m cuando el piloto está a 100 m del UAV. (Ver Figura 6)



Figura 6. Alcance máximo del Sistema Drone-Defender. Fuente: [3].

- Cono de inhibición (Figura 7): 30° si se inhibe la señal de control y 60° si se inhibe la señal GPS

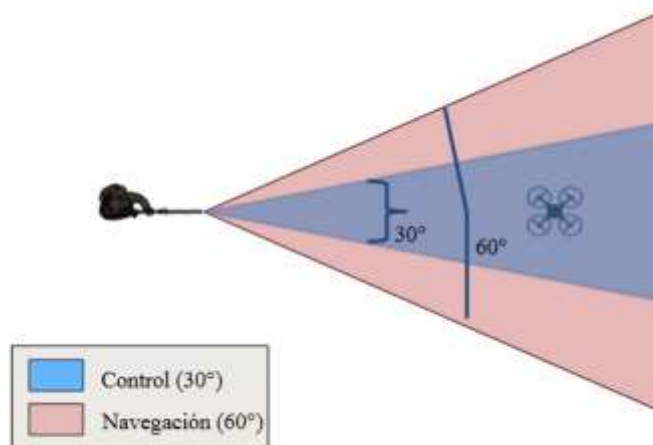


Figura 7. Cono de inhibición del sistema Drone-Defender. Fuente: [14].

Referencias en anexo.

Ver [3] del apartado 6. “Bibliografía”

Ver [14]del apartado 6. “Bibliografía”

Anexo O. Características del subconjunto de observación de la torre del vehículo RG-31

Este sistema está pensado para ofrecer al sistema de armas “MINISAMSON” la capacidad de observación diurna y nocturna necesaria. Además, cuenta con un dispositivo de seguimiento para la adquisición y seguimiento automático de blancos.

El sistema de armas “MINISAMSON” va acoplado al vehículo RG-31 (Figura 1).



*Figura 1. Vista general del vehículo RG-31 (sin el sistema de armas “MINISAMSON” incorporado).
Fuente: [16]*

El subconjunto de observación va acoplado directamente al sistema de armas “MINISAMSON” de la siguiente forma (Figura 2):

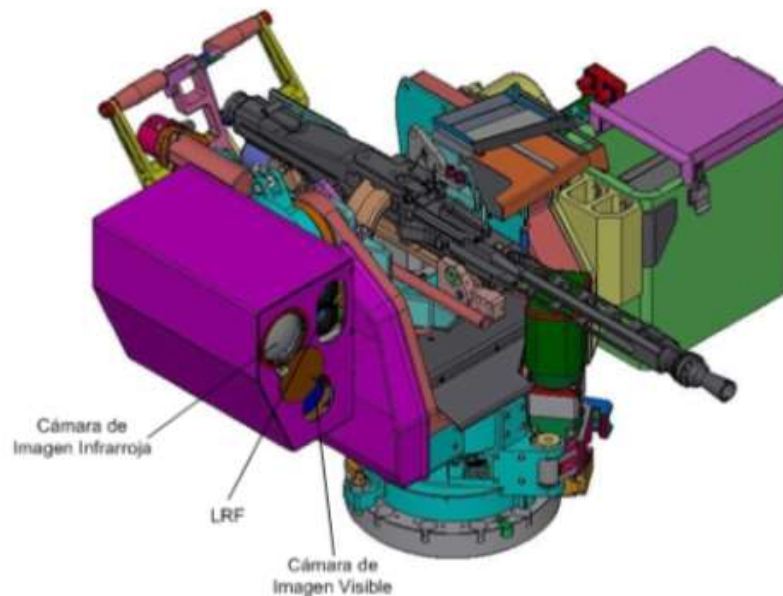


Figura 2. Subconjunto de Observación del sistema de armas "MINISAMSON". Fuente: [16]

A su vez, está formado por los siguientes elementos:

A. Cámara de imagen visible, cámara CCD

Ofrece visión diurna y está diseñada para resistir los impactos y vibraciones propios del sistema de armas (Figura 3).

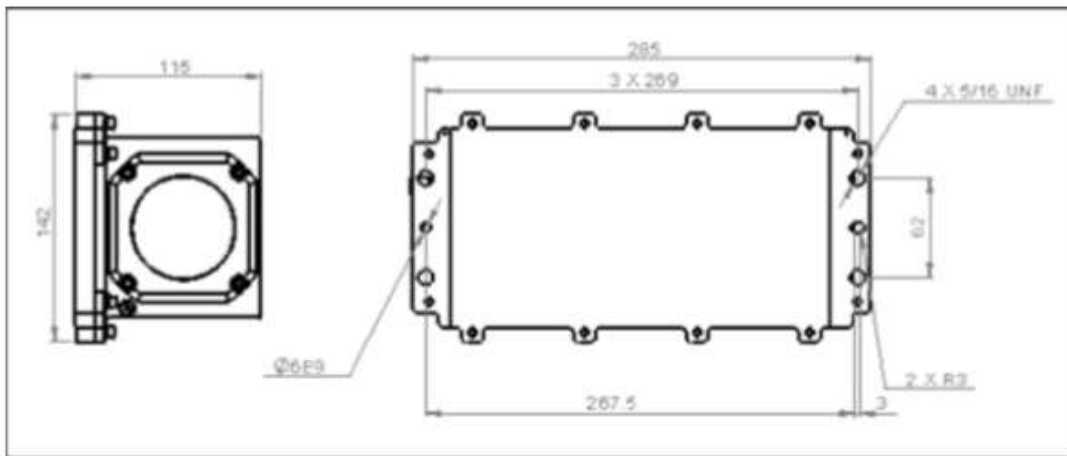


Figura 3. Disposición de la Cámara CCD. Fuente: [16]

- Características y prestaciones

- Peso: 5 kg.

- Rendimiento Óptico:

- Longitud de enfoque: 8 mm – 96 mm.
- Zoom: 1:12 continuo.
- Campo de visión: 2,9°x2, 15° a 33,4°x25, 4°.
- Alcance de enfoque: de 3 m a infinito.
- Detección¹: 7,3 km.
- Reconocimiento¹: 4 km.
- Identificación¹: 2,5 km.

¹ Visibilidad 23,5 km, Contraste: -30%, Factor de luminancia K=2,5, Dimensiones del blanco 2,3x2,3 (m).

B. Cámara de imagen Infrarroja, cámara FLIR

Ofrece visión nocturna y, al igual que la cámara CCD, está diseñada para resistir los impactos y vibraciones propios del sistema de armas (Figura 4).

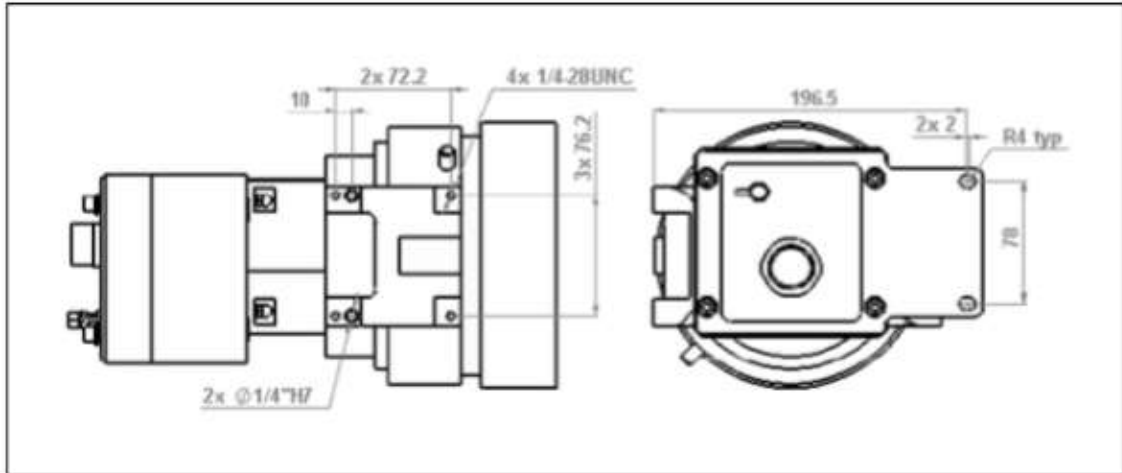


Figura 4. Disposición de la cámara FLIR. Fuente: [16]

- Características y prestaciones
 - Peso: 7 kg.
 - Rendimiento Óptico:
 - Sensor:
 - Tipo de sensor: Silicio amorfo.
 - Alcance espectral micro-bolométrico: 8-12 μm .
 - Pixels: 320x240 (45 μm x 45 μm).
 - NETD: <70mK.
 - Distancia focal: 150 mm.
 - Alcance de enfoque: 3 m – infinito.
 - Campo de visión: 6,2° x 4,7°.
 - Detección de personas: > 2000 m.
 - Detección²: 3400 m.
 - Reconocimiento²: 1200 m.

² Dimensiones del blanco 2,3x2,3 (m)

C. Telémetro láser.

Se trata de un telémetro láser de alta calidad diseñado específicamente para este sistema de armas. Garantiza seguridad frente a las vibraciones (Figura 5).

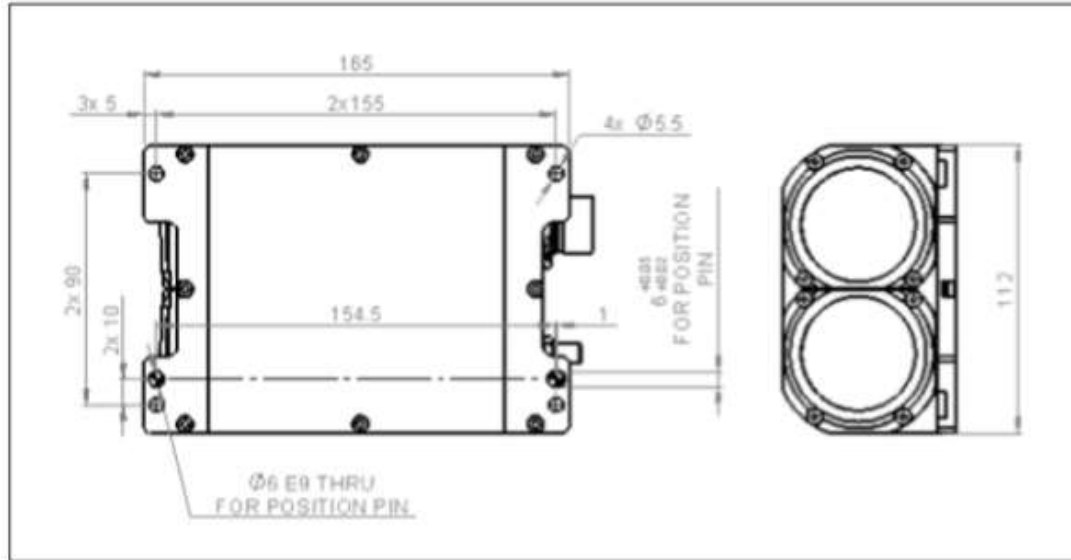


Figura 5. Disposición del Telémetro Láser. Fuente: [16]

• Características y prestaciones

- Peso: 13 kg.

- Rendimiento óptico

- Alcance de medida: 50 m a 4000 m.
- Precisión (1 s): ± 3 m.
- Resolución de medida: 0,5 m.
- Discriminación de blancos: 30 m.
- Máximo de blancos registrados: 3.
- Ritmo de repetición: 20/min.
- Seguridad ocular: Seguridad ocular clase 1 con arreglo a IEC 60825-1.
- Longitud de onda: 1,56 μm .

Referencias en anexo.

Ver [16] del apartado 6. "Bibliografía"

Anexo P. Características de la cámara CORAL

Se trata de un conjunto binocular compacto (Figura 1) y portátil que incorpora una cámara térmica, un telémetro laser, brújula y GPS. El sistema trae consigo una serie de elementos accesorios.



Figura 1. Cámara "CORAL". Fuente: [18]

- Componentes

- Cámara “CORAL”.
- Bolsa de Transporte.
- Kit de limpieza.
- Contenedor de transporte, con adaptador de corriente con 2 baterías recargables.
- Trípode.
- Maletín cargador de baterías.

- Características y prestaciones

- Peso: 3,4 kg
- Autonomía: 2 horas (cada batería)
- Precisión del GPS: 20 m.
- Precisión de la brújula magnética: 1° (tanto en elevación como en acimut).
- Alcance del láser: 10.000 m
- Rendimiento óptico
 - o Zoom óptico continuo (hasta x5).
 - o Zoom digital x2 y x4.

Referencias en anexo.

Ver [17] del apartado 6. “Bibliografía”.

Ver [18] del apartado 6. “Bibliografía”.

Anexo Q. Características del sistema BlackHornet

El PD-100 BlackHornet es un UAS diseñado para operar a baja cota (15-20 metros) que permite obtener imágenes en ambiente diurno y nocturno. La capacidad de actuar en situaciones de escasa visibilidad se la da el sensor infrarrojo que dispone, permitiendo así el reconocimiento térmico.

- Componentes (Figuras 1 y 2)
 - Sensores aéreos (UAV BlackHornet) (x2)
 - Estación base
 - Mando de control
 - Pantalla
 - Bolsa y elementos adicionales (por ejemplo, antena para la estación base).



Figura 1. UAV BlackHornet. Fuente: [19]



Figura 2. Estación base, mando de control, pantalla y bolsa del Sistema BlackHornet en funcionamiento. Fuente: [19]

- Características y prestaciones
 - Peso total del sistema: 1,3 kg.
 - Alcance: 1,6km en línea de vista (entre la estación base y el UAV) o 2km empleando una antena extra opcional.
- Características del UAV:
 - Peso: 18 gramos
 - Longitud: 16cm
 - Autonomía: 25 min
 - Velocidad: 18 km/h
 - Resistencia al viento: rachas de hasta 12m/s o viento sostenido de 8m/s.

Referencias en anexo.

Ver [19] del apartado 6. “Bibliografía”

Anexo R. Características del sistema Raven RQ-11 B

El Raven RQ-11 B es un UAV caracterizado por su despliegue rápido y su gran movilidad. Está diseñado para operar a baja cota (entre 45 y 300m).

Incorpora sensores diurnos y nocturnos que permitiendo operar el sistema en ambiente diurno y nocturno.

- Componentes (Figura 1)
 - Aeronave (x3)
 - Estación de control de Tierra (x2)
 - Sensores: diurnos (x3), con cámara dos cámaras en color (una frontal y otra lateral) y nocturnos (x2), con una cámara térmica.
 - Ordenador portátil ruggedizado para planificación y seguimiento de la misión (x1)
 - Cargador de baterías con adaptadores vehiculares y para la red eléctrica. (x1)
 - Lote de repuestos de nivel orgánico por sistema. (x1)
 - Caja de transporte (embalaje logístico), que permita contener todos los elementos del sistema.



Figura 1.. Componentes del Raven RQ-11 B. Fuente: [20]

- Características y prestaciones
 - Peso total del sistema: 5 kg.
 - Alcance: 10 km en línea de vista (entre la estación base y el UAV)
 - Características del UAV:
 - Peso: 1,9 kg.
 - Longitud: 0,9 m.
 - Envergadura de alas: 1,4m

- Autonomía: de 60 a 90 minutos con baterías recargables y de 80 a 110 minutos con baterías desechables
- Velocidad: de 20 a 57 km/h
- Resistencia al viento: rachas de hasta 37km/h

Referencias en anexo.

Ver [20] del apartado 6. “Bibliografía”

Ver [21] del apartado 6. “Bibliografía”

Anexo S. Propuesta de TTP,s

La inclusión de observadores dentro de las unidades de infantería es una medida necesaria para poder prevenir ataques UAV,s. Estas personas habrán de tener asignado un sector de observación, de forma que queden cubiertas las principales vías de aproximación de posibles UAV,s enemigos.

Los observadores habrán de estar dispuestos de forma que sus sectores de observación se solapen entre sí, cubriendo la mayor parte de terreno posible. (Ver Figura 1 y Figura 2).



Figura 1. Distribución lineal de los observadores. Fuente: [22]



Figura 2. Distribución en profundidad de los observadores. Fuente: [22]

El adiestramiento de estas personas no pasa únicamente por su posición en el despliegue, si no que tienen que tener mecanizado el procedimiento exacto de observación. Es decir, deben saber qué están buscando y cómo hacerlo. La Figura 3 y la Figura 4 muestran dos posibles técnicas de observación que el observador habría de utilizar, en función de las características que definen el sector que se le haya asignado.

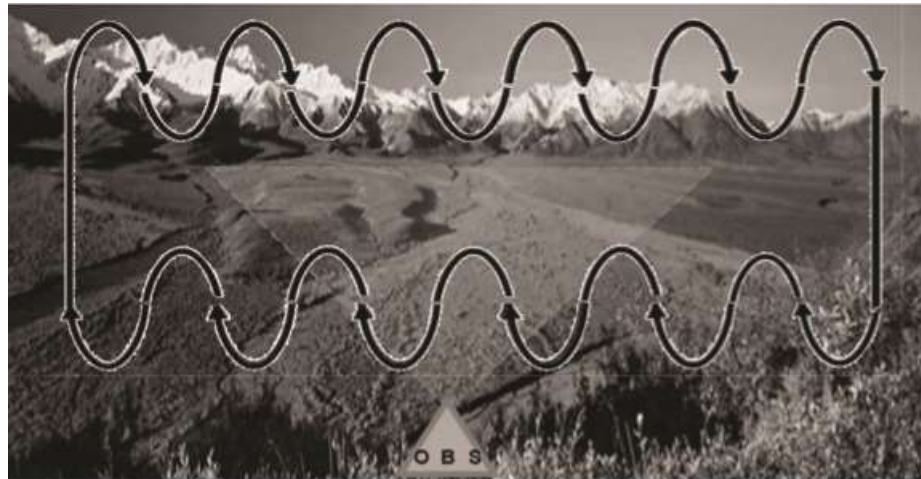


Figura 3. Procedimiento de observación vertical. Fuente: [22]



Figura 4. Procedimiento de observación horizontal. Fuente: [22]

Una vez se haya localizado el posible UAV, es de vital importancia informar al escalón inmediatamente superior. La estandarización un mensaje tipo resulta completamente necesario si se quiere ahorrar tiempo a la hora de transmitir la información. La Figura 5 muestra un posible formato para transmitir vía radio.

Line	Information Example	Example
1	Unit call sign and frequency	Red 1, FHXXX
2	Unit location	6 to 8 digit grid coordinate
3	Location of threat UAS	Grid or distance and direction from reporting unit location
4	Time threat UAS asset spotted/detected	DTG: 091024ZMAR16
5	Estimated time on site	Was threat UAS asset approach observed or was it spotted overhead? How long might it have been there?
6	Flight characteristics	Is threat UAS loitering in one spot (possibly already spotted reporting unit), is it flying straight (enroute to loitering location), what is the direction of flight, or is it flying randomly (searching)?
7	Estimated size, elevation, and physical description	Wingspan, height, color, tail configuration, other distinguish markings.
FH frequency hop DTG date, time, group UAS unmanned aircraft system		

Figura 5. Mensaje tipo para informar del avistamiento de un UAV. Fuente: [22]

Consiste en una serie de “líneas” que recogen los rasgos más importantes de la situación. Una línea es una frase o concatenación de palabras que sintetizan la información. De esta forma, el mensaje transmite lo siguiente:

- Línea 1: nombre de la unidad que informa del suceso y la frecuencia a la que están operando sus medios radio.
- Línea 2: localización de la unidad.
- Línea 3: localización de la amenaza.
- Línea 4: fecha y hora de la localización de la amenaza.
- Línea 5: tiempo estimado que la amenaza ha estado sobrevolando las fuerzas propias.
- Línea 6: descripción del vuelo que ha seguido la aeronave.
- Línea 7: estimación del tamaño y elevación de la aeronave. Descripción de sus características físicas.

Referencias en anexo.

Ver [22] del apartado 6. “Bibliografía”.